

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ**

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**JAKOST POVRCHOVÝCH VOD V ČR A JEJICH  
UPRAVITELNOST**

QUALITY OF SURFACE WATER IN THE CZECH REPUBLIC AND THEIR TREATABILITY

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Jana Bedáňová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. RENATA BIELA, Ph.D.**

**BRNO 2018**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jana Bedáňová
Název	Jakost povrchových vod v ČR a jejich upravitelnost
Vedoucí práce	Ing. Renata Biela, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

- [1] GRAY, N. F. Drinking Water Quality. Problems and Solutions. 2nd Edition. Cambridge University Press, 2008. 520 p. ISBN 978-0-521-70253-9.
- [2] HLAVÍNEK, Petr a Jaromír ŘÍHA. Jakost vody v povodí. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. 209 s. ISBN 80-214-2815-5.
- [3] SYNÁČKOVÁ, Marcela. Čistota vod. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. 208 s. ISBN 80-01-01083-X.
- [4] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. Vodárenství: Studijní opory. 1. vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [5] Přílohy vyhlášky č. 428/2001 Sb. ve znění vyhlášky č. 120/2011 Sb.
- [6] Odborné články ze sborníků konferencí a seminářů.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Bakalářská práce bude v první části pojednávat o jakosti povrchových vod v obecné rovině (třídy jakosti, ukazatele jakosti, jakost povrchové vody z biologického hlediska, atd.), dále se zaměří na jakost povrchových vod v České republice. Následně budou popsány typy úprav povrchové vody pro jednotlivé kategorie jakosti surové vody a pro konkrétní rozbory surové vody bude stanoven index upravitelnosti.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Renata Biela, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Práce pojednává o jakosti povrchových vod v ČR a o vývoji její kvality v tocích a nádržích. O problémech spojených s vypouštěním odpadních vod do recipientu (často bez čištění) a splachy ze zemědělských půd. V závěru se zabývá ukazateli kvality vody, jejich získávání a posuzování na základě normativních dokumentů dále jejich výpočtem na základě naměřených hodnot.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

povrchová voda, znečištění, ukazatel kvality vody, eutrofizace, upravitelnost

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the quality of surface water in the Czech Republic and the development of its quality in the streams and reservoirs. Issues related to wastewater discharge to the recipient (often without cleaning) and seepage from agricultural land. At the end, it deals with water quality indicators, their acquisition and assessment based on normative documents and their calculation on the basis of measured values.

## **KEYWORDS**

surface water, contamination, water quality parameter, eutrophication, editable



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Jana Bedáňová *Jakost povrchových vod v ČR a jejich upravitelnost*. Brno, 2018. 66 s.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního  
hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

---

Jana Bedáňová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce paní Ing. Renatě Biele, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Dále děkuji za poskytnutá data ke zpracování od společnosti Povodí Moravy, s.p. a konkrétně paní Mgr. Lence Procházkové za spolupráci. Také musím poděkovat panu Ing. Václavu Sadílku, Ph.D. za pomoc s programem LaTeX.

# OBSAH

<b>1 Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2 Povrchové vody</b>	<b>3</b>
2.1 Vodní toky a nádrže . . . . .	3
2.1.1 Přírodní vodní toky . . . . .	3
2.1.2 Vodní nádrže . . . . .	5
2.2 Znečištění povrchových vod . . . . .	6
2.3 Samočištění . . . . .	10
2.3.1 Rovnovážná koncentrace kyslíku ve vodě . . . . .	11
<b>3 Jakost povrchových vod v ČR</b>	<b>13</b>
3.1 Klasifikace kvality povrchových vod . . . . .	13
3.1.1 Popis jednotlivých ukazatelů kvality vody . . . . .	15
3.1.2 Třídy kvality povrchových vod . . . . .	18
3.1.3 Bilanční hodnocení jakosti povrchových vod . . . . .	19
3.1.4 Výpočet charakteristické hodnoty - Klasifikace kvality povrchových vod . . . . .	20
3.2 Jakost vody v tocích . . . . .	21
3.2.1 Požadavky na jakost vody . . . . .	22
3.2.2 Povodí Moravy . . . . .	24
3.3 Jakost vody v nádržích . . . . .	29
3.3.1 Vertikální zonace (stratifikace) . . . . .	29
3.3.2 Eutrofizace . . . . .	31
3.3.3 Příklady eutrofizovaných nádrží v ČR . . . . .	34
<b>4 Upravitelnost povrchových vod v ČR</b>	<b>40</b>
4.1 Způsob vyhodnocení a zařazení surové vody do kategorií . . . . .	40
4.1.1 Základní zařazení nového zdroje surové vody . . . . .	40
4.1.2 Způsob určení průměrného indexu upravitelnosti . . . . .	41
4.2 Vzorový výpočet indexu upravitelnosti . . . . .	45
4.2.1 Vlastní výpočet indexu upravitelnosti . . . . .	45
4.2.2 Zhodnocení výpočtu . . . . .	54
<b>5 Závěr</b>	<b>55</b>
<b>Literatura</b>	<b>56</b>
<b>Seznam veličin a zkratk</b>	<b>61</b>

# 1 ÚVOD

Hromadný výskyt vody na Zemi a její nezastupitelnost pro veškerý život a činnost člověka byl příčinou toho, že se postupně vyvinula řada vědních oborů zabývajících se výskytem vody, jejím oběhem, mechanickými vlastnostmi, vodní biologií, chemií atd. [1]

Voda je nezbytnou podmínkou života a hospodářského a civilizačního vývoje. Přestože s úspěchem umíme nahradit řadu přírodních materiálů syntetickými, voda zůstává jednou z nenahraditelných surovin. Význam vody v přírodě nespočívá jen v jejím množství, ale také v přenosu energie a látek v jejím oběhovém cyklu. [2]

Voda poutala pozornost filozofů a badatelů v oboru přírodních věd už od nejstarších dob. Thales považoval vodu za pralátku a Empedokles a Aristoteles ji zařadili mezi základní elementy. [3]

Zhoršování čistoty vody na Zemi je součástí antropogenního tlaku na životní prostředí. Proto tento problém čistoty vody se stal problémem mezinárodním. Problém vody, především její čistoty nerespektuje státní hranice a jeho řešení vyžaduje zvládnout nejen vodohospodářská hlediska, ale také ekologická, technicko – ekonomická a především sociálně – ekonomická hlediska. [3]

Téměř 80 % vody na Zemi je obsaženo v oceánech, 19 % v zemské kůře pod povrchem země, 1 % tvoří ledovce, 0,002 % je obsaženo v tocích, jezerech a vodních nádržích a jen kolem 0,0008 % v atmosféře. [2] A právě povrchovou vodou se bude tato práce zabývat.

## 2 POVRCHOVÉ VODY

Pod pojmem povrchové vody rozumíme vodní toky (prameny, bystřiny, potoky, říčky, řeky) a dále pak stojaté vody jezer, nádrží, rybníků, tůní, bažin a mokřadů. Uvedené vodní útvary tvoří takřka všechny povrchové vody v ČR. [4] [2]

Podle zákona č. 20/2004 Sb. o vodách, jsou povrchovými vodami vody, které se vyskytují přirozeně na zemském povrchu. Tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních. Dělí se na vody kontinentální a vodu mořskou. Kontinentální vody jsou tekoucí a stojaté. Brakická voda vzniká při ústí řek do moře mísením mořské vody s říční. Jde o vodu estuárů <sup>1</sup> Z hlediska čistoty vody u nás jsou důležité vodní toky trvale tekoucí. [2] [5]

### 2.1 VODNÍ TOKY A NÁDRŽE

#### 2.1.1 Přírodní vodní toky

Potoky vznikají spojením drobných pramínků a vývěřů vody ve vyšších nadmořských výškách. Podélný profil horských potoků se zpravidla vyznačuje značným sklonem. Na formování příčného profilu toku se podílí především hloubková eroze. V korytě se střídá skalní podloží s balvany, kameny, a hrubozrnným šterkem. Proud vody bývá rychlý, turbulentní a mívá značnou unášecí rychlost: erozní procesy převažují nad akumulačními. Neplatí to však vždy. V horách můžeme také najít oblasti s mírnými sklony, jimiž protékají meandrující potoky s pozvolně tekoucí vodou.[4]

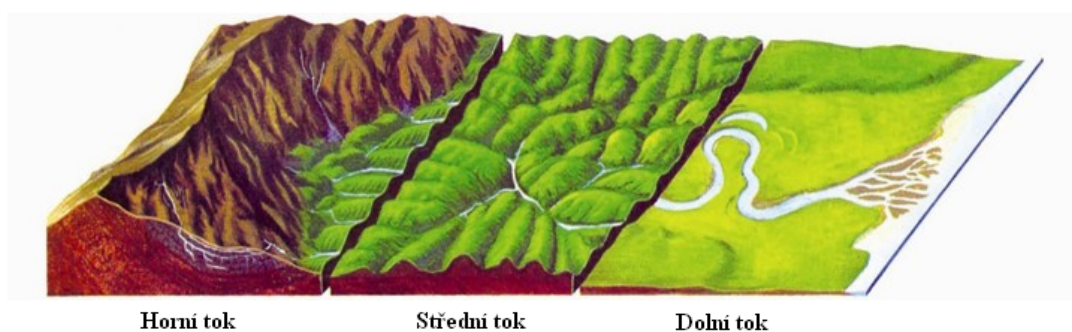
Voda horských potoků je po většinu roku bez výrazných teplotních výkyvů. V podélném profilu bývá řada přírodních stupňů (vodopádů), které společně s turbulentním prouděním zajišťují dostatečné nasycení vody kyslíkem, avšak je zde voda chudá na živiny. Chladná a rychle proudící okysličená voda zaručuje, že se zde nehromadí rozkládající se organický materiál. **Horní toky** jsou velice specifickým biotopem a jen málo vodních organismů se těmito podmínkám dokáže přizpůsobit.[4]

Na **středním toku** jsou erozní a akumulační procesy zpravidla v rovnováze. Je to dáno tím, že voda má v těchto mírnějších sklonech nižší unášecí rychlost. Koryto vodního toku se rozšiřuje a příčný profil je již většinou hlubší a asymetrický. V těchto úsecích mají toky vyvinutou údolní nivu. Množství rozpuštěného kyslíku je nižší než na horním toku, přesto jsou fotosyntetické a dýchací procesy v rovnováze, takže nedochází k zahňování vody. Teplotní režim je velmi rozkolísaný. [4]

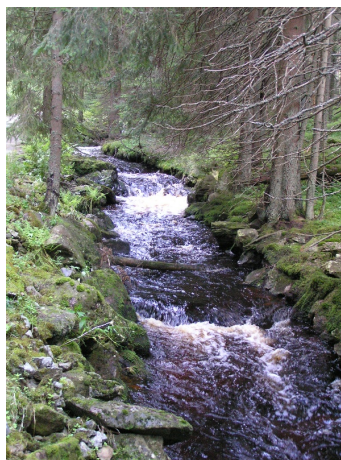
Na **dolním toku** protékají řeky zpravidla rovinným a nížinným územím, voda zde proudí pomaleji. Při formování koryta převládá vliv boční eroze nad vlivem hloubkové eroze. Substrát dna a břehů koryta je tvořen obvykle jemnozrnným materiálem (písčítým, hlinitým a jílovitým sedimentem). Převládají zde akumulační procesy nad erozními. Voda se zde vyznačuje vyšší průměrnou teplotou, nižšími

<sup>1</sup>Estuár, resp. estuárium je nálevkovitý typ ústí řeky, zejména do moře

koncentracemi kyslíku a vyšším obsahem živin. V letním období u toků zatížených organickými látkami dochází při nárůstu teploty a vyčerpání zásob kyslíku k anaerobním rozkladným procesům, které způsobují hnilobný zápach vody. Zakončením vodního toku je ústí, kde vodní tok vtéká do jiného vodního toku nebo do moře či oceánu. [4]



Obr. 2.1. Fáze toku řeky [6]



Obr. 2.2. Vltavský potok – příklad horního toku. [7]

Vnitrozemská poloha České republiky v srdci střední Evropy předurčuje vztah území k evropské říční síti. Přestože se tu nenachází pohoří velehorského charakteru, můžeme mluvit o poloze „na střeše“ Evropy. Rozvodnice Labe, Odry a Dunaje se setkávají v jediném bodě. Tento hydrograficky významný bod leží na vrchu Klepý (1 144 m n.m) v pohoří Kralického Sněžníku. Vrchol ležící na česko-polské hranici má polský název Trojmorski Wierch. Vzhledem k morfologii České republiky většina našich vodních toků na jejím území pramení. Pouze Ohře, Dyje, Lužice a Malše představují významnější vodní toky, které mají větší část pramenného povodí mimo státní území. Nejvodnějším tokem (hlavní zdrojnicí povodí) je Vltava. Pramenní



Obr. 2.3. Labe údolí – příklad středního toku. [8]



Obr. 2.4. Ohře – příklad dolního toku [9]

ve vrcholové části Šumavy, přičemž pramen jedné ze dvou zdrojnic leží na území Německa. [10]

### 2.1.2 Vodní nádrže

Jezera vznikají různými způsoby, podle toho je můžeme zařadit do kategorií: jezera smíšeného typu (Velká severoamerická jezera), jezera říčního původu, jezerní pánve eolitického původu a krasová jezera. [4]

Jezera eolitického původu vznikají v pouštních oblastech, kde jsou horniny méně odolné vůči větrné erozi. Krasová jezera vznikají korozní a erozní činností říční a podzemní vody v krasových oblastech. Při třídění jezer je možno uplatnit rovněž hydrologické hledisko, tj. přítok a odtok. V bezodtokových pánvích se nacházejí bezodtoká jezera, dále se na zemi vyskytují jezera odtoková (otevřená), z nichž



voda trvale nebo občasně odtéká jezerním odtokem, ale přítok do jezera je pouze plošný. Jezera průtočná mají stálý říční přítok i odtok. Posledním typem jsou jezera konečná, do kterých trvale přitéká voda z několika řek, ale říčním korytem voda neodtéká.

Na území České republiky se vyskytují jezera spíše malých plošných a objemových rozměrů. Jsou to zpravidla velkoplošná chráněná území. Tím je jejich čistota zabezpečována nejen orgány životního prostředí, ale i organizacemi památkové péče. Klasickým příkladem jsou jezera ledovcového původu na Šumavě, která vznikla po ústupu z würmských svahových ledovců. Největší a nejhlubší z nich je Černé jezero o objemu 2,878 mil.m<sup>3</sup>. Společně s Čertovým jezerem tvoří na Šumavě národní přírodní rezervaci o rozloze 150 ha, která slouží k ochraně ledovcových karů, vzácné fauny a flory. [4] [3]

Nejčtetnějším typem jezer na území ČR jsou říční jezera, která vznikají jako výsledek vývoje říčních koryt – meandrování vodních toků v nížinných a rovinatých oblastech. Takováto jezera se nacházejí podél vodních toků.

Vody v jezerech podléhají neustálému pohybu, proto k pozorování hladiny slouží vodoměrné stanice vybavené vodočtem nebo limnigrafy. Změny teploty vody (v průběhu roku) vyvolávají změny v její hmotnosti a jejich důsledkem je vertikální pohyb, který se označuje jako **konvekční proudění**. [4]

K nejintenzivnějšímu pohybu dochází při ochlazování vody od okolní atmosféry. Chladnější voda je těžší, a proto klesá ke dnu a teplejší vodu vytlačuje směrem nahoru. Ve vodní nádrži mohou nastat tři základní případy:

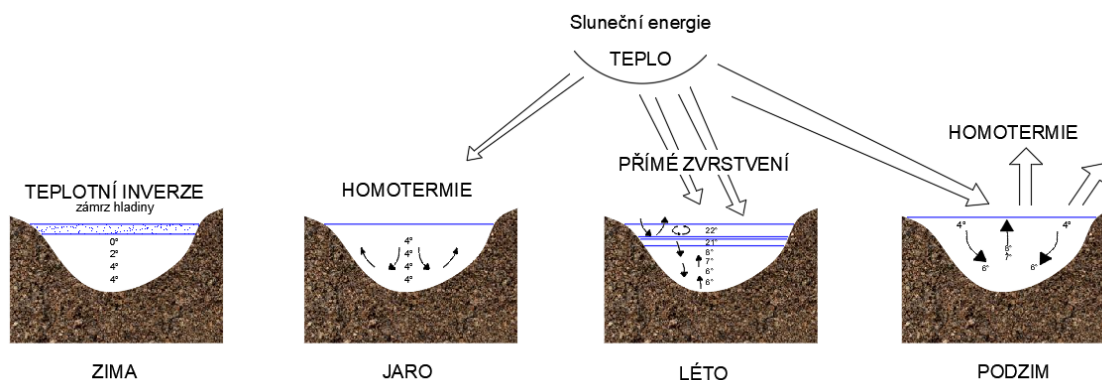
- V létě, kdy je teplota vody u hladiny vyšší než 4 °C, se s rostoucí hloubkou teplota vody snižuje, neklesá však pod 4 °C. To je teplota, při které má voda největší hmotnost. Jde tu o tzv. **přímé teplotní zvrstvení**.
- V zimních měsících je teplota vody u hladiny nižší než 4 °C, jedná se o lehčí vodu a pod ní může být jen voda dosahující nejméně 4 °C. Nastává obrácené teplotní zvrstvení, tzv. **teplotní inverze**.
- Na jaře a na podzim dochází k promíchávání vody a teplota vody se na relativně krátké období vyrovnává na 4 °C v celém jezeře tzv. **homotermie**.

Podrobněji v kap. ??3.1

## 2.2 ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD

Počátkem devadesátých let minulého století bylo znečištění vod vnímáno jako jeden z hlavních problémů České republiky. Většina významných vodních toků patřila do kategorií silně znečištěných nebo velmi silně znečištěných a objevovaly se i vážné kontaminace podzemní vody.[11]

Problém čistoty povrchových vod je velmi složitý, což podmiňuje skutečnost, že povrchové vody jsou současně vodním zdrojem i recipientem, tj. vodním útvarem, který přijímá vodu z určitého povodí nebo vodu odpadní. [3]



Obr. 2.5. Změny teplotního zvrstvení v průběhu roku (překreslila Jana Bedáňová) [4]

Z hlediska znečišťování povrchových vod se rozeznávají oblasti označované jako citlivé nebo zranitelné. Jako citlivé oblasti se podle směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod vymezují vodní útvary, které jsou v důsledku vypouštění odpadních vod ohroženy eutrofizací a rovněž povrchové vody využívané jako zdroj pitné vody, u nichž dochází nebo může dojít k překročení limitních koncentrací dusičnanů. Podle směrnice 91/676/EHS o ochraně vod před znečišťováním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů se vymezují zranitelné oblasti jako území odvodňovaná do takových povrchových vod, které jsou v důsledku zemědělské činnosti ohroženy eutrofizací, nebo v nichž koncentrace dusičnanů přesahuje limitní hodnotu, zejména jsou-li využívány k úpravě na vodu pitnou. [5]

Zhoršování jakosti povrchových vod je způsobené především postupnou koncentrací obyvatelstva v urbanistických strukturách a zvyšujícím se procentem obyvatel, bydlících v domech, napojených na veřejnou kanalizaci. Industrializace a růst průmyslové výroby a v poslední době intenzivní zemědělská výroba znamená další zatížení toků. [2]

Jednou z příčin zhoršování jakosti povrchových vod je také **eutrofizace**. Jedná se o soubor přírodních a uměle vyvolaných pochodů, kterými se v tekoucí nebo stojaté vodě zvyšuje obsah biogenních prvků (N, P, K atd.), což má za následek zvýšenou produkci biomasy. Důsledkem těchto pochodů je zhoršení kvality vody. Stoupá zákal, vzniká zabarvení, pach a v krajních případech může být voda toxická pro vyšší organizmy. Eutrofizace je velmi složitý proces a její odstranění vyžaduje specifická řešení se zřetelem na zájmy ochrany vody.

Nádrže budované na tocích mohou zhoršovat také jakost povrchové vody. Typickým příkladem jsou větší a hlubší nádrže s delším časovým zdržením a nádrže napájené vodou horší jakosti (jako jsme svědkem ve zhoršování kvality vody v přehradě Želivka, která slouží pro zásobování vodou hl. m. Prahy). Takovéto nádrže zhoršují kyslíkovou bilanci a tím mají nepříznivý vliv na kvalitu vody. [3]

Na některých vodních tocích představuje vážné ohrožení kvality vody

**plošné znečištění.** Kromě splachů hnojiv, pesticidů a produktů erozní činnosti patří sem také odtoky z plochy území, především zemědělské, lesní, zastavěné a ostatní půdy, také odtoky z rybníků a srážky.

Voda z atmosférických srážek zatěžuje tok nejen nerozpuštěnými anorganickými látkami, ale i množstvím různých rozpuštěných anorganických látek, jako i množstvím patogenních zárodků. Nejnebezpečnější jsou v dnešní době tzv. **kyselé deště**. [2]

Paleta znečišťujících látek, která znečišťuje povrchové vody v ČR, je velká. Z hlediska samočištění v povrchových vodách je výhodné rozdělit znečišťující látky na: **organické a specifické**. Organické látky při rozkladu mají velké nároky na kyslík a často způsobují, že jeho obsah klesá na takovou hodnotu, při které nastává úhyn ryb případně jiných druhů vodní fauny a flóry. Specifické znečištění může mít nejrozmanitější účinky. Mezi nejčastější patří toxicita na vodní organizmy, redukce přestupu kyslíku ze vzduchu do vody (např. ropné látky), zmenšování obsahu kyslíku ve vodě (např. tepelné odpady) a zvyšování salinity. [3]

V ČR nejvíce znečištění pochází z různých druhů průmyslových výroby, mezi největší producenty znečištění patří **chemický průmysl** a závody na výrobu celulózy. Znečišťují rozsáhlé úseky toků, především vlivem vysokého obsahu organických látek, CHSK, BSK, toxických látek, ropných látek.

Z dalších průmyslových producentů znečištění jsou významné potravinářské závody, především kampaňový průmysl (cukrovary, konzervárny, škrobárny, lihovary), jako i mlékárny a pivovary. Ke znečištění značně přispívají také nečištěné splaškové vody z měst a obcí.

Specifické znečištění bylo v minulosti dost podceňované a dnes na některých tocích se ukazuje jako velmi vážné a často rozhodující znečištění. Mezi toto znečištění lze zařadit fenolové odpadní vody, toxické odpadní vody z povrchové úpravy a tepelného zušlechťování kovů. Tyto odpadní vody jsou podle druhu operace buď kyselé, nebo alkalické. Obsahují rozpuštěné toxické kovy, případně prudce jedovaté kyanidy. [2]

Speciálním druhem odpadních vod jsou vody z nemocničních zařízení a léčen. Obsahují větší množství choroboplodných zárodků a desinfekčních přípravků oproti vodám městským. Všeobecně lze konstatovat, že se mikrobiálnímu znečištění nevěnuje dostatečná pozornost.

Mikrobiální znečištění je nepostradatelný ukazatel zejména při hodnocení vhodnosti použití vody pro odběry pitné vody, stejně jako pro rekreační účely. Bakteriologický rozbor vody představuje nejcitlivější indikátor jejího přímého i nepřímého fekálního znečištění a mikrobiálně znečištěná voda v sobě obsahuje zpravidla zárodky infekčních a parazitárních chorob, které se do ní dostávají spolu s živočišnými odpady. [12]

Mezi další specifické znečištění řadíme také znečištění **tenzidy**, které jsou v městských a některých průmyslových odpadních vodách. Situace se zde však zlepšuje nahrazováním alkalbenzénsulfátů, které jsou částečně biologicky rozložitelné, za bi-

ologicky odbouratelné tenzidy. [3]

**Radioaktivní odpadní vody** se do vod dostávají ze dvou zdrojů, z rozpustných přirozených radionuklidů (přirozená radioaktivita), nebo meteorologicky široce rozloženým spadem ze zkoušek termionukleárních zbraní a z odpadů různých zařízení (umělá radioaktivita).

**Ropné látky** stále více znečišťují povrchové vody. Tyto látky se v nich vyskytují ve čtyřech formách:

- volně jako tenký film na hladině,
- volné, ale sedimentují na dno toku,
- emulgované a rozpustěné.

Látky mění fyzikální vlastnosti povrchové vody už při koncentraci  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  kdy se začíná tvořit olejový film a mění se organoleptické vlastnosti vody. Menší množství ropných látek ( $5 - 18 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) nemá vliv na chemické složení vody. Chemická spotřeba kyslíku a kyslíkový režim se mění jen nepatrně. Ropné látky však způsobují různá poškození vodních organismů. Vytvořením filmu látky znemožňují organismům přijímání kyslíku z hladiny a tedy dýchání. Trpí tím především vodní hmyz, u kterého se zaolejují dýchací orgány, dále znečištěním pohybových orgánů odumírá zooplankton. Zaolejováním dna se mění bentos a osídlení dna. Červy akumulují ropné látky, čímž získávají olejovou pachut, která se následně přenáší na ryby.

Ropné látky se potom akumulují v kůži a svalech ryb, a tak se stávají nepoživatelnými pro člověka. Tento stav nastává při koncentraci  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Ropné látky při vyšších koncentracích jsou pro ryby toxické. Podle Kittnera je průměrná hranice toxického vlivu na ryby asi  $16 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  a  $1,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  na jikry. Ropné látky mají také nepříznivý vliv na vodní ptactvo. [3]

Velký podíl na znečišťování povrchových vod má stále více zemědělství. Zemědělské zdroje znečištění byly v minulosti dost rozptýlené, takže charakter znečištění dovozoval maximálně využít samočisticí schopnost toku.

**Zemědělské znečištění** se zvyšuje z důvodu intenzivní zemědělské výroby, a to používáním nových látek na chemickou ochranu rostlin, zvýšený přísun živin do půdy, změna technologických postupů, koncentrace živočišné výroby, rychlý růst mechanizace

Toto znečištění je velmi různorodé a lze ho dělit podle původu na znečištění:

- živočišnou výrobou,
- látkami ze siláže a senáže,
- chemickými prostředky na ochranu rostlin,
- průmyslovými hnojivy,
- ropnými látkami.

Všechny druhy uvedeného znečištění působí toxicky na vodní organizmy, mění vlastnosti povrchových vod, jako i množství a jakost organismů žijících ve vodě, narušují biologickou rovnováhu, snižují účinek samočištění a omezují možnosti používání vody na různé cíle.

Co se týká **anorganického znečištění**, jak naznačuje vývoj v našich tocích,

toto znečištění stále narůstá. Způsobuje zasolení řek, které vzniká vypouštěním nečistěných nebo i částečně čištěných vod, protože při některých procesech se solnost ještě zvyšuje. Odstranění solí je dnes ekonomickým a technickým problémem.

Vlivem znečištění se porušuje biologická rovnováha v recipientech a jejich samočisticí schopnost, přičemž celkový vliv závisí na množství a jakosti odpadních vod a na množství a jakosti vody v recipientu. Každý recipient má svoji vlastní jakost, která je ovlivněná geologicko-geografickými, hydrologicko-klimatickými, botanickými poměry a antropogenní činností a mění se s časem. Vliv odpadních vod na jakost vody v recipientu se posuzuje podle chemických, biologických a estetických změn vlastností vody, které poškozují veřejné zájmy. Nejzřetelnějším negativním vlivem je úhyn ryb. [2]

Podle Pittera můžeme z hlediska kvality povrchových vod rozdělit znečišťující látky do tří skupin:

- látky, působící přímo toxicky nebo způsobující senzorické závady,
- látky, které ovlivňují ekologickou bilanci recipientu,
- "interní" látky (anorganické nerozpustné a rozpustné netoxické látky).

Odpadní vody, které mohou nepříznivě ovlivnit vlastnosti povrchových vod, můžeme rozdělit do deseti skupin. Škodlivé látky zahrnují látky, působící přímo toxicky, resp. zhoršující senzorické vlastnosti vody, nebo látky, jejichž škodlivý účinek se projevuje nepřímo, např. odčerpáváním kyslíku rozpuštěného ve vodě. Je třeba rozeznávat škodlivost z hlediska senzorického od škodlivosti z jiných důvodů. Jediná látka může zároveň působit i více způsoby, potom odpovídající koncentrace mohou být různé. Organické látky mohou ovlivňovat senzorické vlastnosti už v menších koncentracích, než jsou koncentrace, při kterých se projevuje toxicita a naopak.

Parametrem škodlivosti v povrchových vodách je nejvyšší přípustná koncentrace (NPK), někdy nazývaná mezní přípustná koncentrace, která určuje množství látky, které se nesmí ve vodě překročit. Podle uvedeného dělení škodlivých látek rozlišujeme NPK toxického působení, NPK senzorického působení a NPK nepřímého škodlivého působení. [3]

## 2.3 SAMOČIŠTĚNÍ

Samočištění je souhrn přirozeně probírajících fyzikálních, chemických, biologických a biochemických pochodů, kterými se povrchové vody v přírodě zbavují znečišťujících látek.

Z **fyzikálních pochodů** se uplatňují sedimentace nerozpuštěných látek, odplavování usazenin při velkých vodách a přestup kyslíku ze vzduchu do vody. Při rozptylování znečišťujících látek a kyslíku ve vodě se uplatňuje difúze.

Látky obsažené v odpadních vodách reagují s látkami obsaženými v říční vodě. Dochází k neutralizačním, srážecím a oxidačně-redukčním reakcím. Tyto reakce nazýváme **chemickými pochody**.

Přítomné organické látky jsou potravou nižších i vyšších vodních organismů. Prvním článkem řetězu jsou nejnižší organizmy, kterým organické látky slouží jednak jako zdroj energie pro životní pochody a také jako zdroj pro chemické sloučeniny, potřebné k výstavbě buněčné hmoty. Nejnižší organismy jsou potravou pro vyšší organismy. [2]

Tím se mrtvá hmota přeměňuje na stále výše organizovanou živou hmotu. Současně probíhá pochod opačný. Organismy odumírají, dochází k rozkladným procesům, kterých se opět zúčastňují nižší organismy. V přírodních podmínkách bývá mezi oběma pochody rovnováha. Popsané děje jsou většinou aerobní. Anaerobní děje probíhají u dna a v bahně. Sekundárně však mají rovněž nárok na kyslík, neboť produkty anaerobního rozkladu přecházejí do vody a vstupují tam do aerobních procesů. [3]

Kyslík pro všechny aerobní procesy v řece je čerpán ze zásoby rozpuštěného kyslíku. Je-li nárok na kyslík velký a nestačí se zásoby kyslíku doplňovat, následně koncentrace rozpuštěného kyslíku klesá. Aerobní pochody přestávají probíhat a rovnováha v řece je vážně porušena.[3] Těmito procesy rozumíme **biochemické a biologické pochody**

Rychlost každého z procesů samočištění ovlivňuje celá řada faktorů, jako např. teplota, pH, redoxní potenciál, obsah kyslíku atd. Procesy samočištění a uvedené faktory jsou vzájemně propojeny. Matematické modely vyjadřují vztahy těchto procesů a nejdůležitějších faktorů, které je ovlivňují. Jsou složité a pro realizaci vyžadují znalosti kinetických konstant.

Nejdůležitějším zdrojem kyslíku pro přírodní vody je atmosféra. Za určitých podmínek jím může být také fotosyntetická asimilace vodních organismů obsahujících chlorofyl. Vlivem sezónních (léto - zima) a denních (světlo - tma) faktorů množství produkovaného kyslíku (např. řasami) značně kolísá a nelze s ním při posuzování samočistící schopnosti povrchové vody trvale počítat.

### 2.3.1 Rovnovážná koncentrace kyslíku ve vodě

Kyslík se do vody dostává jednak přestupem ze vzduchu a také rozpouštěním kyslíku produkovaného činností fytoplanktonu a rostlin. Rozpustnost kyslíku jako planu nereagujícího s vodou je dána **Henryho zákonem**. Podle něj je rozpustnost plynu za stálé teploty přímo úměrná parciálnímu tlaku  $p_{O_2}$  nad rozpouštědlem (bez zřetele na celkový tlak). [2]

Rovnovážná koncentrace  $c_r$  kyslíku rozpuštěného ve vodě je tedy:

$$c_r = k \cdot p_{O_2} \quad (2.1)$$

kde  $k$  je konstanta úměrnosti. Rovnici (2.1) je možno psát ve tvaru

$$H = \frac{p_{O_2}}{x_{O_2}} \quad (2.2)$$

kde  $H$  je Henryho konstanta závislá na teplotě

$p_{\text{O}_2}$  – parciální tlak kyslíku

$x_{\text{O}_2}$  – molární zlomek kyslíku ve vodě

Hodnoty Henryho konstanty v kPa pro různé teploty jsou pro vodní roztok uvedeny v Tab. 2.1

Tab. 2.1. Hodnoty Henryho konstanty [2]

$T$ [°C]	0	5	10	15	20	25	30
$H$ [(10 <sup>6</sup> ) kPa]	2,57	2,95	3,32	3,69	4,05	4,44	4,81

## 3 JAKOST POVRCHOVÝCH VOD V ČR

Když chceme hodnotit využitelnost povrchových vod jako zdrojů pro různé účely, např. úpravu pitné vody, zavlažování zemědělských pozemků, pro průmysl a pro rekreaci, nestačí zjišťovat pouze jejich množství. Rozhodující je v uvedených případech jakost povrchových vod, která v průběhu roku a i ze dne na den silně kolísá. Může se lišit i v jednotlivých vrstvách vody, zejména v hlubokých nádržích. [3]

### 3.1 KLASIFIKACE KVALITY POVRCHOVÝCH VOD - DLE NORMY ČSN 75 7221

Norma byla vypracována kolektivem Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka Praha. Tato norma platí především pro jednotné určování třídy kvality tekoucích povrchových vod - klasifikaci, která slouží k porovnání jejich kvality na různých místech a v různém čase, a pro orientační posouzení kvality vody.

Norma ČSN 75 7221 dříve: *Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod*, byla zrušená k 1. 12. 2017 a pak nahrazena pod stejným označením normy s názvem: *Kvalita vod - Klasifikace kvality povrchových vod*. Tato revize vznikla s podporou projektu Technologické agentury České republiky "Kvalita a hodnocení povrchových vod"(TD0 3000215).

Kvalita vody je pravidelně kontrolována od 60. let 20. století. První norma, která se zabývala touto problematikou byla ČSN 83 0602 z 23. 6. 1965. Norma obsahovala celkem 25 ukazatelů (ukazatele kyslíkového režimu, ukazatele základního chemického složení, zvláštní ukazatele mikrobiálního znečištění).

Norma pro klasifikaci kvality vody je pravidelně revidována v souvislosti s výskytem nových znečišťujících látek v životním prostředí, a doplněna o další ukazatele kvality vody. Zabývá se ukazateli: vyjadřující fyzikální stav, chemické složení a biologické složení vody.

Tekoucí povrchové vody se zařazují do pěti tříd a výsledky na mapě se vyznačí dle barev:

I.	neznečištěná voda	– světle modrá
II.	mírně znečištěná voda	– tmavě modrá
III.	znečištěná voda	– zelená
IV.	silně znečištěná voda	– žlutá
V.	velmi silně znečištěná voda	– červená

Klasifikace kvality vody se pro každý ukazatel klasifikuje zvlášť. Provádí se porovnáním jeho charakteristické a vypočtené hodnoty s jemu odpovídající soustavou mezních hodnot, která je v tabulce. Uvedme si krátký příklad této tabulky 3.1 Základní klasifikace kvality vody je založena na vybraných ukazatelích: BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>,



$N-NO_3$ ,  $N-NH_4$ ,  $P_{celk}$  a saprobní index makrozoobentosu. Třída se určuje podle nejnepríznivější hodnoty ukazatele. Kromě základních ukazatelů si můžeme zvolit vlastní rozsah ukazatelů dle tabulky (doplňková klasifikace - účelová). Je pouze podmínkou aby všechny hodnocené ukazatele obsažené ve skupině byly klasifikovány na všech společně hodnocených profilech. Charakterizace jednotlivých ukazatelů nebo jejich skupin je uvedena níže v kapitole (3.1.1) Pro orientační určení kvality vody lze ze souboru požit méně než 11 naměřených hodnot Pokud chceme určit kvalitu vody orientačně např. ze souboru kde je méně než 11 naměřených hodnot, můžeme použít maximální naměřenou hodnotu, která se porovná s mezní hodnotou příslušné třídy kvality.

Tab. 3.1. Mezní hodnoty kvality vody [13]

Ukazatel	Značka, zkratka, číslo CAS	Jednotka	Třída				
			I	II	III	IV	V
Obecné fyzikální ukazatele (mimo žviny)							
elektrolytická konduktivita	-	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
rozpuštěné látky sušené	RL <sub>105</sub>	mg/l	< 300	< 500	< 800	< 1200	≥ 1200
nerozpuštěné látky sušené	NL <sub>105</sub>	mg/l	< 15	< 25	< 50	< 100	≥ 100
rozpuštěný kyslík	O <sub>2 rozp</sub>	mg/l	> 8,5	> 7,5	> 6	> 4	≤ 4
<b>biochemická spotřeba kyslíku, pětidenní</b>	BSK <sub>5</sub>	mg/l	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
chemická spotřeba kyslíku, manganistanem	CHSK <sub>Mn</sub>	mg/l	< 6	< 9	< 14	< 20	≥ 20
<b>chemická spotřeba kyslíku, dichromanem</b>	CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60
celkový organický uhlík	TOC	mg/l	< 7	< 10	< 16	< 20	≥ 20

Klasifikace kvality tekoucích vod dle ČSN 75 7221 Kvalita vod:

**I. třída - neznečištěná voda:** kvalita povrchové vody, která téměř nebyla ovlivněna lidskou činností a při které ukazatele kvality vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí ve vodních tocích. [13]

**II. třída - mírně znečištěná voda:** kvalita povrchové vody, která byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které umožní existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

**III. třída - znečištěná voda:** kvalita povrchové vody, která byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, u kterých je předpoklad, že nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

**IV. třída - silně znečištěná voda:** kvalita povrchové vody, která byla značně ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které nevytváří podmínky umožňující existenci původního přirozeného ekosystému.

**V. třída - velmi silně znečištěná voda:** kvalita povrchové vody, která byla značně ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které neumožňují existenci původního přirozeného ekosystému. [13]

Dále jsou v normě uvedeny mezní hodnoty tříd kvality vody pro následující ukazatele:

- obecné, fyzikální a chemické ukazatele,
- organické látky,
- kovy a metaloidy,
- mikrobiologické ukazatele,
- biologické ukazatele,
- radiologické ukazatele.

### 3.1.1 Popis jednotlivých ukazatelů kvality vody

#### *Obecné, fyzikální a chemické ukazatele*

**Elektrolytická konduktivita** je míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických složek vody. Ve vodách s velmi nízkou koncentrací organických látek je konduktivita mírou obsahu anorganických elektrolytů (aniontů a kationtů). Vyrůstá s vyšší mineralizací vody. Hodnota kolem  $125 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$  odpovídá přibližně obsahu rozpuštěných látek  $1000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Konduktivita je významně teplotně závislou veličinou.

**Rozpuštěný kyslík** je životně důležitý pro vodní organismy. Optimální koncentrace rozpuštěného kyslíku pro lososovité ryby je  $8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  až  $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Limitující obsah pro ryby a ostatní vodní organismy je  $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . pod touto koncentrací již dochází k jejich úhynu. Se vzrůstem organického znečištění vod vlivem biochemického rozkladu organických látek dochází ve vodě k úbytku kyslíku. Obsah kyslíku ve vodě se snižuje s rostoucí teplotou vody. [13]

**Organické znečištění** je do povrchových vod vnášeno odpadními vodami, ale vzniká i přírodními procesy. Antropogenního původu jsou především splaškové odpadní vody a průmyslové odpadní vody (zejména z chemického a potravinářského průmyslu). Na tomto druhu znečištění se podílí i zemědělská činnost. Celkové organické znečištění vody s vyjadřuje několika ukazateli:

Biochemickou spotřebou kyslíku ( $\text{BSK}_5$ ), která stanovuje biologicky rozložitelné organické znečištění, chemickou spotřebu kyslíku dichromanem ( $\text{CHSK}_{Cr}$ ), která zahrnuje veškeré oxidovatelné organické znečištění ve vodě, chemickou spotřebu kyslíku

manganistanem ( $\text{CHSK}_{Mn}$ ), která zahrnuje oxidovatelné organické znečištění v vodě a používá se zejména u pitných a podzemních vod. Celkový organický uhlík (TOC), který vyjadřuje celkový obsah organických látek ve vodách. Vysoká koncentrace organického znečištění snižuje obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě a může vést až k nastartování anaerobních procesů ve vodním prostředí (zápach vody vlivem tvorby sulfanu). Organický uhlík není do povrchových vod vnášen pouze antropogenní činností, přirozenými složkami TOC jsou huminové kyseliny a fulvokyseliny a další organické látky běžně se vyskytující ve vodách v rámci přírodních cyklů (významný je vnos organického uhlíku z rašelinišť a z rašelinných půd. [13])

**Živiny** (nutrienty) jsou zejména sloučeniny dusíku, fosforu a draslíku. Dusík, fosfor a draslík patří mezi biogenní prvky, které jsou potřebné pro růst a život organismů. Nadměrný výskyt živin ve vodním prostředí však sebou nese řadu negativních účinků. Obsah živin vnášených do povrchových vod, musí být limitován z důvodu rizika zvýšené eutrofizace vod (zvyšování obsahu živin), která způsobuje nadměrný růst fytoplanktonu (vodního květu – řas a sinic) v době vegetační sezóny. Důsledkem toho se snižuje samočistící schopnost tekoucích a stojatých vod a druhová diverzita vodních organismů (zooplanktonu, fytoplanktonu). Sinice produkují toxiny nebezpečné pro zdraví člověka. Hlavním limitujícím prvkem pro růst řas je u vnitrozemských vod fosfor. Zdrojem živin jsou především městské odpadní vody, průmyslové odpadní vody (např. zemědělství – hnojení). [13]

### ***Organické látky***

Mnohé chemické látky vykazují toxické vlastnosti pro vodní organismy nebo jejich prostřednictvím pro člověka, a to často i ve velmi malých koncentracích (karcinogenita, toxicita pro reprodukci, endokrinní disrupce). Nebezpečné jsou také ty látky, které mají schopnost bioakumulace nebo perzistence (přetrvávají v prostředí dlouhou dobu téměř beze změny). Zde jsou uvedeny jen některé organické látky nebo jejich skupiny:

**Adsorbovatelné organicky vázané halogeny (AOX)** jsou skupinou organických látek, které obsahují některý z halogenů (chlor, fluor, brom, jod). Mohou zahrnovat jak jednoduché organické látky (např. chloroform), tak složité molekuly (např. chlorfenoly, chlorbenzeny, polychlorované sloučeniny). V povrchových vodách jsou jak přírodního (obdobně jako TOC), tak antropogenního původu. Významný je vnos odpadními vodami z výroby papíru a celulózy, z úpraven vody (tam, kde je zvýšený výskyt huminových látek), ale jsou obsaženy i v městských odpadních vodách. Obecně mohou být AOX považovány za toxické pro vodní organismy, s různou mírou toxicity pro člověka. [13]

**Chlornaté uhlovodíky** jsou deriváty uhlovodíků. Ve kterých jsou atomy vodíku nahrazeny atomem chloru. Trichlorethen a tetrachlorethen byly dříve široce používány v průmyslu jako rozpouštědla a odmašťovadla. Tam, kde je to možné jsou postupně nahrazovány ekologičtějšími přípravky. Pro svou těkavost nesetrvávají ve

vodním prostředí příliš dlouho. Dichlorbenzeny se používají v menším rozsahu, především v chemickém průmyslu. Chlorované uhlovodíky vykazují toxické účinky na lidské zdraví a na vodní organismy. [13]

**Ftaláty** (estery kyseliny ftalové) jsou organické sloučeniny používané jako změkčovač při výrobě plastických hmot. Nejsou pevně vázány, mohou se tedy z finálních produktů uvolňovat do prostředí. Vykazují nepříznivé účinky na hormonální systém a reprodukci. K nejznámějším z nich patří DEHP [bis(2-ethylhexylftalát)]. Jejich zdrojem jsou průmyslové odpadní vody, z výroby plastických hmot, ale jsou obsaženy i ve splaškových vodách. [13]

**Pesticidy** jsou prostředky, které jsou určeny k tlumení růstu a hubení živočišných a rostlinných škůdců i k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů atd. Nejvíce se uplatňují zemědělství. Podle biologické účinnosti se dělí na herbicidy, insekticidy, fungicidy a rodenticidy. Jedná se o slabě polární až polární organické látky rozpustné ve vodě.

Dále mezi tyto ukazatele patří: bisfenol A, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), kyselina ethylendiamintetraoctová (EDTA),

## ***Kovy a metaloidy***

Přirozený obsah kovů ve vodách je dán vyplavováním z hornin a půd v závislosti na geologickém podloží. Nejvýznamnějšími antropogenními zdroji znečištění jsou těžba a zpracování rud (hutní a metalurgický průmysl). Významná část kovů se do prostředí dotává emisemi ze spalování fosilních paliv (rtuť, arsen, selen, beryllium). [13]

Sloučeniny kovů se ve vodách vyskytují v rozpustné a nerozpustné formě. Z chemického hlediska mohou být kovy přítomny buď jako jednoduché kationty či anionty, nebo v formě anorganických a organických komplexů. Biodostupnost řady kovů, a tím i jejich toxicita, jsou závislé na obsahu vápníku a hořčíku ve vodě (s nižším obsahem Ca a Mg biodostupnost stoupá). Největší bioakumulační schopnost mají: kadmium, rtuť, selen a olovo. Karcinogeny nebo potenciální karcinogeny jsou chrom ( $Cr^{VI}$ ), nikl ( $Ni^{II}$ ), a arsen ( $As^{III}$ ,  $As^V$ ). [13]

## ***Mikrobiologické ukazatele***

Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie a intestinální enterokoky jsou indikátory fekálního znečištění. Přirozeně se vykytují ve střevním traktu člověka a teplokrevných zvířat a ve zvýšeném počtu ukazují na fekální kontaminaci vody a nebezpečí výskytu střevních patogenů.

## ***Biologické ukazatele***

Saprobní index makrozoobentosu vyjadřuje vztah vodních bezobratlých živočichů obývajících dnové sedimenty k ukazatelům organického znečištění a průběhu roz-

kladných procesů. Metoda je založen na hodnocení saprobity podle autekologických nároků organismů vyjádřených jejich individuálními sabrobními indexy.

**Chlofyl-a** je základní fotosyntetický pigment přítomný ve všech zelených rostlinách. Obsah chlorofylu v povrchových vodách je indikátorem jejich úživnosti (trofie). Tento ukazatel odráží množství řas (fytolanktonu) ve vodě, je základním ukazatelem biomasy řasové složky a slouží jako ukazatel potencionální fotosyntetické aktivity řas a sinic ve vodě. Vysoká biomasa fytoplanktonu ovlivňuje svou fotosyntetickou činností koncentraci a denní změny rozpuštěného kyslíku ve vodě a zvyšuje obsah organických látek.

### ***Radiologické ukazatele***

Koncentrace radioaktivních látek se vyjadřuje v Bq/l (popř. mBq/l). Jeden bequerel je množství radioaktivní látky, ve které dochází k jedné radioaktivní přeměně za sekundu. Aktivita těchto látek není přímo úměrná jejich účinku. Celková objemová aktivita alfa a celková objemová aktivita beta jsou skuppinové ukazatele a podávají informaci o zastoupení radioaktivních látek emitujících záření alfa a beta.

Jako jednotlivé radionuklidy emitující záření alfa jsou stanovovány: přírodní uran, radium 226, thorium 228 a plynný radon. Radionuklidy emitující záření beta jsou: radium 228, olovo 210 a draslík 40.

Uran je vyjadřuje v koncentračních jednotkách [ $\mu\text{g/l}$ ] nebo v jednotkách aktivity. Toxické účinky uranu jsou závažnější než jeho radiační účinky. Umělé radionuklidy, což jsou většinou: tritium, stroncium 90 a cesium 137, se stanovují pod výpustmi odpadních vod z jaderných zařízení.

### **3.1.2 Třídy kvality povrchových vod**

Klasifikace kvality vody podle každého ukazatele se do třídy kvality vody uskutečňuje srovnáním vypočtené charakteristické hodnoty určeného ukazatele (s jeho odpovídající soustavou mezních hodnot). Charakteristická hodnota ukazatele jakosti vody je hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90 %. U rozpuštěného kyslíku je to hodnota s pravděpodobností překročení 90 %. U saprobního indexu makrozoobentosu je charakteristická hodnota aritmetický průměr z hodnot v hodnoceném období. [13]

Kvalita vody se klasifikuje zvláště z každého jednotlivého ukazatele, na základě výsledků kontroly z delšího uceleného období. Nejkratší hodnocené období je jeden rok. Nejdelší období je dáno změnami v nakládání s vodami v povodí, zpravidla se nevolí delší období než 5 let. Při četnosti sledování 12 odběrů za rok se doporučuje výsledky kontroly jakosti vod klasifikovat ve dvouletí, aby pro výpočet charakteristické hodnoty bylo k dispozici alespoň 24 hodnot. Je-li k dispozici méně než 11 hodnot za období nelze vodu klasifikovat podle této normy (ČSN 75 7221). [13]

Vybranými ukazateli jakosti vod jsou: saprobní index makrozoobentosu, biochemická spotřeba kyslíku (BSK), chemická spotřeba kyslíku dichromanem ( $\text{CHSK}_{Cr}$ ),

dusičnanový dusík, amoniakální dusík a celkový fosfor (P). Výsledná třída se určí podle nejnepríznivějšího zatřídění zjištěného u jednotlivých vybraných ukazatelů.

Kromě základní klasifikace se mohou libovolně utvářet skupiny ukazatelů a výslednou třídu skupiny určit podle nejnepríznivějšího zatřídění u jednotlivých vybraných ukazatelů, ale je nutné dodržet podmínku, aby výsledky stanovení všech ukazatelů obsažených ve skupinách byly klasifikovány ve všech společně hodnocených profilech.

Tab. 3.2. Příklady použití vod dle jednotlivých tříd kvality vody. [13]

<b>I. třída</b>	velmi čistá voda - vhodná pro: vodárenské účely, potravinářský a jiný průmysl, koupaliště, chov lososovitých ryb.
<b>II. třída</b>	čistá voda - vhodná pro: vodárenské účely po úpravě, vodní sporty, chov ryb, zásobování průmyslu.
<b>III. třída</b>	znečištěná voda - vhodná pro: zásobování průmyslu, pro vodárenské využití, není-li k dispozici jiný zdroj lepší jakosti a to za předpokladu víceetapňové technologie úpravy.
<b>IV. třída</b>	silně znečištěná voda - vhodná jen pro omezené účely.
<b>V. třída</b>	velmi silně znečištěná voda – není vhodná pro žádný účel.

### 3.1.3 Bilanční hodnocení jakosti povrchových vod

Bilanční hodnocení jakosti povrchových vod se provádí ve sledovaných profilech z databáze HYDROFOND ČHMÚ v rozsahu dostupných ukazatelů jakosti povrchových vod. Od roku 1993 je využíván norský přístup k hodnocení jakosti povrchových vod (Holtan H. et al., 1989), kdy se ukazatele jakosti vod systematicky dělí do skupin vyjadřujících určitý typ znečištění. [14]

V našich podmínkách je definováno celkem sedm typů znečištění: organické znečištění, eutrofizace, acidobazické jevy, toxické vlivy, mineralizace, bakteriální znečištění a radioaktivita. Bilanční stav každého hodnoceného profilu se určí zvlášť pro každý typ znečištění na základě nejnepríznivějšího bilančního poměru požadovaných hodnot jednotlivých ukazatelů jakosti povrchové vody. [14]

Seznam požadovaných hodnot ukazatelů jakosti povrchové vody je uveden v právní normě, kterou bylo do 31. 5. 1999 nařízení vlády ČR č. 171/92 Sb., od 1. 6. 1999 nabyla účinnosti jeho novela – nařízení vlády ČR č. 82/99 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění povrchových vod, to bylo ke dni 1. 3. 2003 zrušeno a nahrazeno nařízením vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, které bylo zrušeno ke dni 1. 1. 2016 aktuální je znění NV č. 401/2015 Sb. s účinností od 1. 1. 2016. [14] [15]

Rozlišuje se celkem pět bilančních stavů u každého ze sedmi typů znečištění: výborný, vyhovující, podmíněně vyhovující, nevyhovující a extrémně nevyhovující. Součástí výstupů bilance jakosti povrchových vod je kromě tabulek obsahujících přehled bilančních poměrů a stavů ve všech hodnocených profilech i grafická příloha - schematická mapa zpracovávaného území. [14]

Od roku 2002 Povodí Moravy, s. p., v souladu s ustanovením § 25 zákona č. 254/2001 Sb. a navazující vyhlášky MZe ČR č. 431/2001 Sb. a Metodického pokynu MZe (č.j. 25 248/2002-6000) každoročně sestavuje vodohospodářskou bilanci. Vypracovává se pro povrchové vody a také pro hydrologické rajony podzemních vod pro příslušné oblasti povodí. Hodnotí se množství a jakost vod. Základními podklady jsou přehledy o odběrech vod, o vzdouvání nebo akumulaci vod, o vypouštění vod, o jakosti vod, popis hydrologické situace (srážkové, teplotní a odtokové poměry), atd.

### 3.1.4 Výpočet charakteristické hodnoty kvality vody

Charakteristická hodnota z hodnoceného souboru (hodnota ukazatele kvality vody) s předem zvolenou pravděpodobností nepřekročení (u rozpuštěného kyslíku překročení)  $C_{90}$  se zjistí z výběrové distribuční čáry, (lomená čára spojující empirické pravděpodobnosti jednotlivých hodnot výběrového souboru). Principem výpočtu je seřazení naměřených hodnot do vzestupné řady (u rozpuštěného kyslíku do sestupné) a přiřazení empirických pravděpodobností nepřekročení (u rozpuštěného kyslíku překročení) jednotlivým hodnotám řad.

#### *Přístup k hodnotám, které se nacházejí pod mezí stanovitelnosti*

Pokud se hodnoty fyzikálně-chemických nebo chemických ukazatelů v daném vzorku nacházejí pod mezní stanovitelností, stanoví se výsledky měření pro výpočet charakteristické hodnoty jako polovina hodnoty příslušné meze stanovitelnosti. Pokud se jedná o ukazatel, který je součástí celkového součtu dané skupiny chemických nebo fyzikálně chemických ukazatelů včetně jejich rozpadových a reakčních produktů nebo metabolitů, pro výsledek pod mezní stanovitelností se použije hodnota 0. Pokud je výsledná vypočtená charakteristická hodnota  $C_{90}$  nižší než mez stanovitelnosti, vyjádří se jako "pod mezí stanovitelnosti"

Hodnota s předem zvolenou pravděpodobností.  $C_p$  v % se vypočítá takto:

$$C_p = (dp \cdot C_{k-1}) + (1 - dp) \cdot C_k \quad (3.1)$$

kde  $C_k$  – k-tá hodnota v sestupné řadě (u rozpuštěného kyslíku ve vzestupné)

$C_{k-1}$  – (k-1)-tá hodnota v sestupné řadě k hodnot (u rozpuštěného kyslíku ve vzestupné)

$dp$  – pomocná proměnná hodnota dle rovnice 3.2

$$dp = k - (100 - P)/100 \cdot (n + 0,4) - 0,3 \quad (3.2)$$

kde  $P$  je předem zvolená pravděpodobnost v %

$n$  – počet prvků řady

$k$  – pomocná proměnná hodnota. Vypočítá se dle rovnice 3.3

$$k = (100 - P)/100 \cdot (n + 0,4) + 0,3 \quad (3.3)$$

Charakteristika jednotlivých ukazatelů kvality vody nebo jejich skupin

## 3.2 JAKOST VODY V TOCÍCH

Množství znečišťujících látek vypouštěných do vodních toků klesá (Obr.3.1) a jakost povrchových vod se zlepšuje. Základním nástrojem pro hodnocení jakosti povrchových vod je klasifikace do 5-ti jakostních tříd (graf (Obr.3.2) znázorňuje podíly profilů v jednotlivých jakostních třídách). U většiny významných vodních toků lze v dlouhodobém vývoji kladně hodnotit posun z kategorií IV. – V. třídy, kde byly počátkem devadesátých let (Obr.3.3), do třídy I. – III., kam se dostaly během posledních let. Podle některých ukazatelů ( $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ ,  $NL$ ) jsou naše povrchové vody čistší, narůstá však znečišťování látkami, které se odstraňují hůře (např. rozpustnými anorganickými solemi, specifickými polutanty či PPCP – Pharmaceuticals and Personal Care Products). Závažné je zatížení fosfáty a anorganickým dusíkem, které pocházejí ze zemědělství i z domácností (zejména z pracích prášků). Přispívají k tomu také některé bodové zdroje, u nichž chybí třetí stupeň čištění odpadních vod. Na kvalitu vod má příznivý vliv zvyšování počtu čistíren, které umožňují nitrifikaci<sup>1</sup> a denitrifikaci<sup>2</sup> nebo také chemické srážení fosforu. Proto bylo celé území ČR vyhlášeno jako citlivá oblast s povinností třetího stupně čištění ve všech obcích nad 2000 ekvivalentních obyvatel. [11]

Podle údajů Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i., za r. 2007 jsou nejzatíženější menší vodní toky s malou vodností, které protékají hustě osídlenými oblastmi nebo oblastmi s velkou zátěží (zejména Trkmanka, Lomnice, Litava, Kyjovka, Hájecký potok, Mrlina, Skalice, Vlkava a Zákolanský potok), z větších toků jsou to Bílina a dolní toky Lužnice i Ostravice.

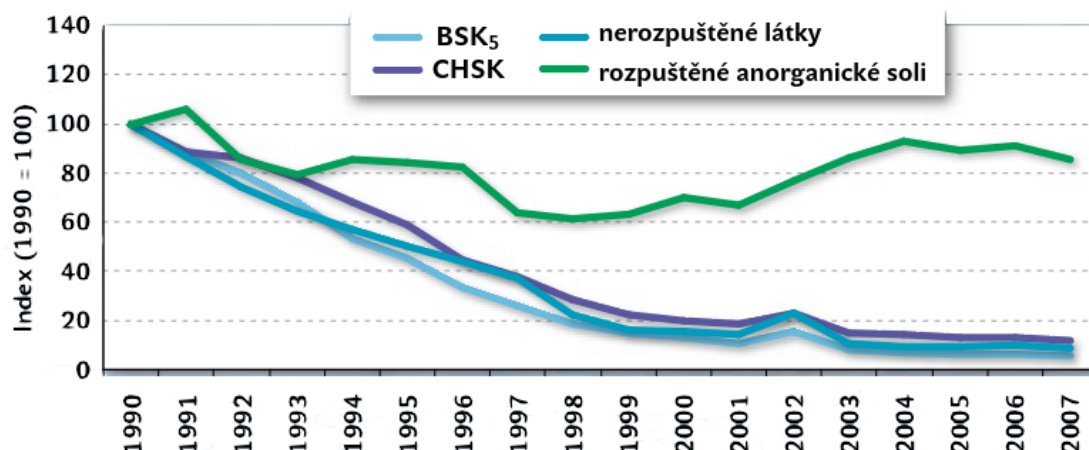
Kvalita povrchových vod se od počátku devadesátých let zásadně zlepšila (Obr.3.4), stále se však v některých řekách vyskytují znečišťující látky v nebezpečných koncentracích, které tyto toky řadí do páté, tedy nejhorší třídy kvality vod. Na našem území je mnoho malých obcí bez čistíren odpadních vod, jež vypouštějí znečištěné vody přímo do vodních toků. [11]

Ve dvouletí 2015–2016 (Obr.3.5) drží post nejvíce znečištěných toků Trkmanka, Mrlina. Zhoršila se kvalita Nežárky, Lužnice, Lomnice a Blanice. Naopak je viditelné částečné zlepšení Vltavy, Bečvy a Desné.

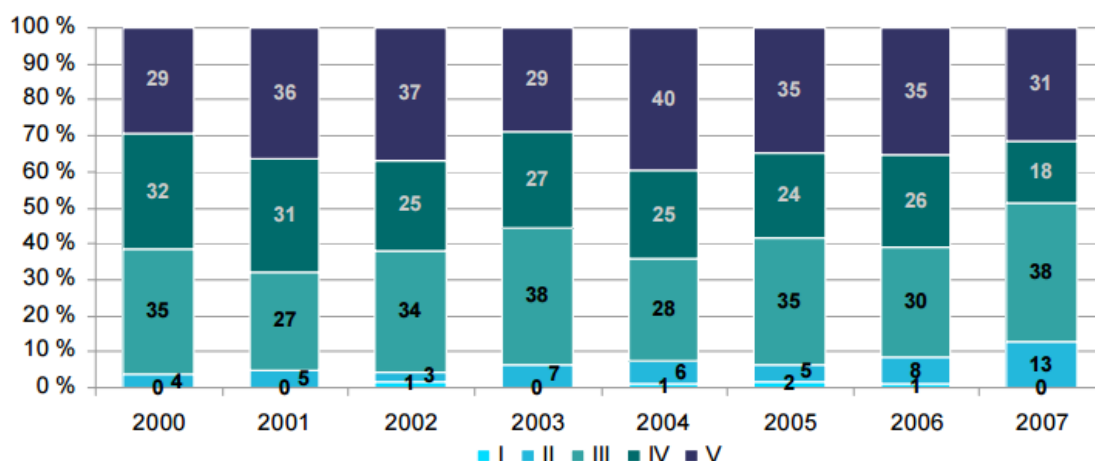
<sup>1</sup>Nitrifikace je oxidace amonných látek na dusičnany

<sup>2</sup>Denitrifikace je proces redukce dusičnanů až na elementární dusík





Obr. 3.1. Vývoj vypouštěného znečištění vyjádřený jako index k roku 2000 v letech 2000 – 2007 [11]



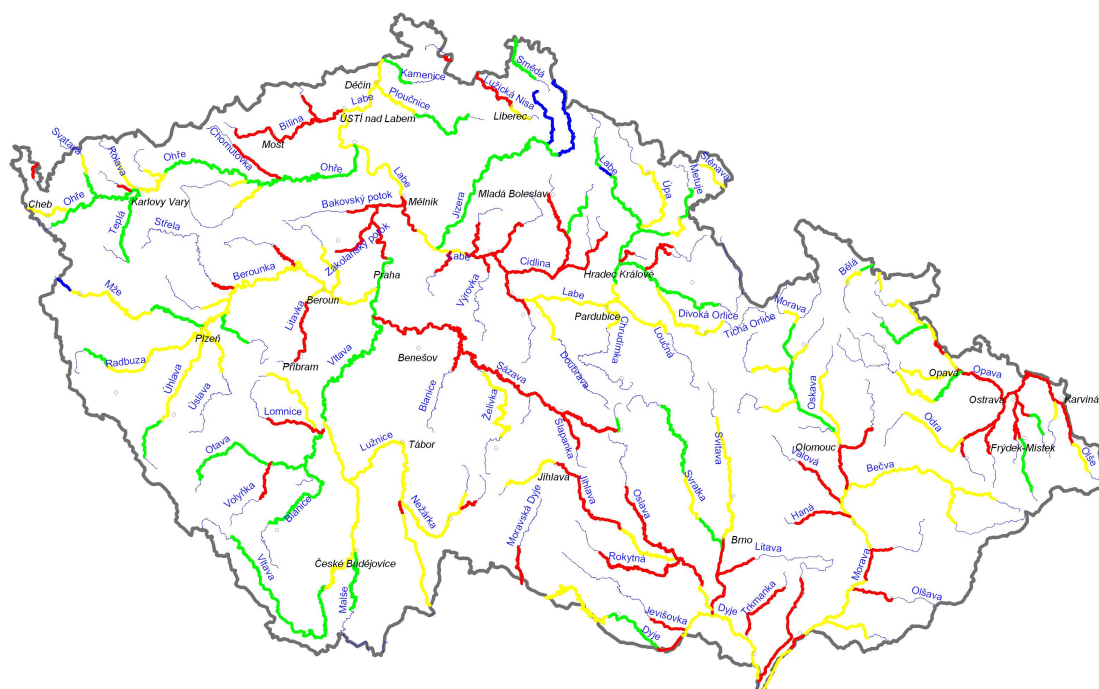
Obr. 3.2. Vývoj podílu profilů v jednotlivých třídách jakosti vod skupiny A "Obecné, fyzikální a chemické ukazatele", 2000 – 2007 [11]

### 3.2.1 Požadavky na jakost vody

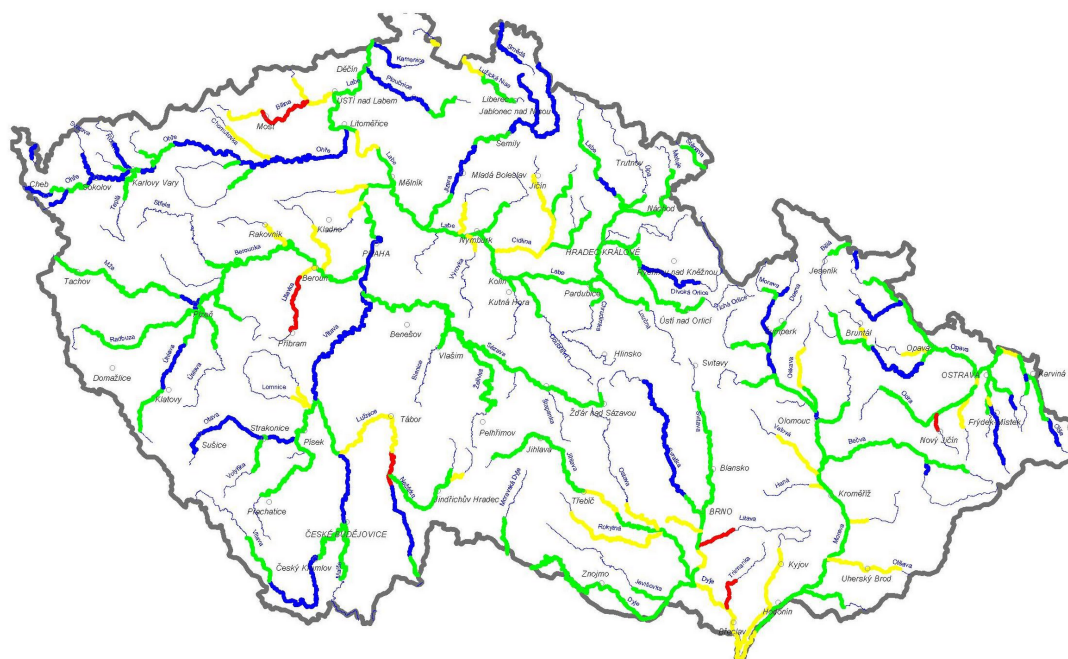
Základními podklady pro stanovení cílového stavu jakosti jsou zejména: legislativní dokumenty, místní požadavky na jakost vody, mezinárodní standardy a požadavky.

Na základě uvedených podkladů je třeba provést zhodnocení jakosti vody ve sledovaných vodních útvarech popř. jejich částech (úsecích toků, nádržích apod.), z hlediska splnění příslušných požadavků v jednotlivých vybraných ukazatelích jakosti vody (např. dle ČSN 75 7221). [17]

Pro jednotlivé vodní útvary a jejich části je třeba následně specifikovat v příslušných ukazatelích mezní cílové hodnoty koncentrace popř. hmotnostního průtoku, které odpovídají požadovaným cílovým stavům jakosti vody ve vodních útvarech.

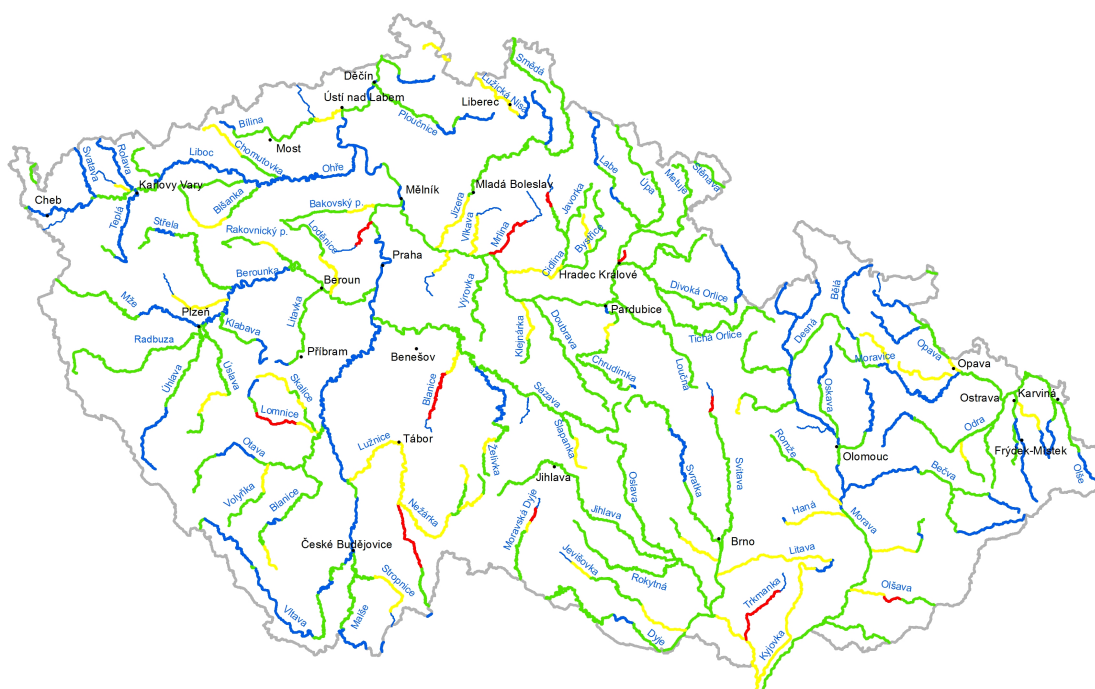


Obr. 3.3. Mapa jakosti vody v tocích v letech 1991 - 1992 [16]



Obr. 3.4. Mapa jakosti vody v tocích v letech 2006 - 2007 [16]

[17]



Obr. 3.5. Mapa jakosti vody v tocích v letech 2015 - 2016 [16]

### 3.2.2 Povodí Moravy

Kvalita vody v povodí Moravy Pro všechny profily bylo provedeno hodnocení dle NV. č. 401/2015 Sb., které je platné od 1.1.2016. Na 187 profilech bylo sledováno všech 14 hodnocených ukazatelů, na 101 profilu to bylo 10–13 ukazatelů, 7–9 ukazatelů na 111 profilech, pouze na 17 profilech bylo sledováno méně než 7 ukazatelů. Legislativním požadavkům vyhověly všechny profily v parametrech **teplota vody, vápník a hořčík** a až na výjimky v parametrech **pH, rozpuštěný kyslík, celkový organický uhlík, železo a chloridy**. Nesoulad s požadavky NEK-RP se naopak nejčastěji objevuje u **celkového dusíku, nerozpuštěných látek a termotolerantních koliformních bakterií**. U určitého ukazatele bylo k dispozici méně než 11 výsledků, ale i tato data byla zohledněna. 3.3

Povodím Moravy, s.p. byly graficky zpracovány podélné profily vybraných významných toků na povodí Moravy, které umožňují přehledně podchytit změny znečištění v čase v jednotlivých úsecích toků. Jednalo se o toky Morava, Dyje, Svratka, Svitava, Jihlava, Bečva (Vsetínská a spojená), Rožnovská Bečva, Bobruvka (Loučka), Haná, Kyjovka, Olšava, Rokytná, Trkmanka a Oslava. Vývoj kvality vod v období 1994–2016 byl zpracován pro ukazatele  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ ,  $N-NO_3$ ,  $N-NH_4$  a celkový fosfor s použitím koncentrací stanovených jako mediány klouzavého dvouletí. Medián<sup>3</sup> byl zvolen z důvodu lepšího podchycení průměrných stavů (je potlačena

<sup>3</sup>Medián – posloupnost empirických pozorování je nahrazena řadou průměrů vypočítaných z daných pozorování.

Tab. 3.3. Hodnocení toků dle NV. 401/2015 Sb. ve vybraných ukazatelích

	Počet hodnocených profilů		Počet vyhovujících profilů		Počet nevyhovujících profilů		%		%	
							vyhovujících profilů		nevyhovujících profilů	
	2014 –15	2015 –16	2014 –15	2015 –16	2014 –15	2015 –16	2014 –15	2015 –16	2014 –15	2015 –16
pH	448	416	444	406	4	10	99,1	97,6	0,9	2,4
Teplota vody	449	416	449	416	0	0	100	100	0	0
Rozpuštěný kyslík	449	416	408	412	41	4	90,9	99,0	9,1	1
Celkový organický uhlík	279	209	277	205	2	4	99,3	98,1	0,7	1,9
Celkový dusík	318	293	264	232	53	61	83,0	79,2	16,7	20,8
Rozpuštěné látky	252	243	240	231	12	12	95,2	95,1	4,8	4,9
Nerozpuštěné látky	383	387	252	282	131	105	65,8	72,9	34,2	27,1
Chloridy	217	210	217	209	0	1	100	99,5	0	0,5
Sířany	222	212	213	200	9	12	95,9	94,3	4,1	5,7
Vápník	359	374	358	374	1	0	99,7	100	0,3	0
Hořčík	382	410	382	410	0	0	100	100	0	0
Termotolerantní koliformní bakterie	323	289	169	145	154	144	52,3	50,2	47,7	49,8
Železo	383	411	374	402	9	9	97,7	97,8	2,3	2,2
Mangan	386	414	344	378	42	36	89,1	91,3	10,9	8,7

významnost extrémních hodnot). Dále se v této kapitole zaměříme na řeku Moravu a její hodnoty ukazatelů ze dvouletí 2009–2010 a 2015–2016. [18]

## Řeka Morava

Morava byla ve dvouletí 2009–2010 sledována na 17 profilech, 14 profilů v obou letech, 3 profily pouze v roce 2009. U všech ukazatelů je po toku patrný nárůst znečištění. U  $CHSK_{Cr}$  je tok v horním úseku převážně v I. třídě, ve střední části ve II. třídě jakosti a dolní úsek se řadí do III. třídy, v letošním hodnocení ale přetrvává II. třída.

Průměrné znečištění vyjádřené mediánem patří v horním a dolním úseku k nejnižším od roku 1994. Podobná situace je i u  $BSK_5$ , kde průměrné znečištění bylo ve dvouletí 2009–2010 na celém toku absolutně nejnižší od dvouletí 1994–1995. Průběh znečištění dusičnany je dlouhodobě stejný, horní úsek toku v I. třídě, od Moravičan pak ve II. třídě jakosti. Ve dvouletí 2009–10 je patrný výrazný nárůst koncentrací, a to až na úroveň začátku století, přesto však průměrné koncentrace vyjádřené mediány v celém toku nepřesahují  $3,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Předpokládáme, že toto zvýšení souvisí s plošným znečištěním. V obsahu amoniakálního dusíku je tok v I. a II. třídě jakosti, průměrné koncentrace (mediány) se pohybují od  $0,01$  do  $0,14 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  a jsou na všech profilech nejnižší od roku 1994, což je velmi pozitivní. V tomto dvouletí vychází velmi dobře hodnocení obsahu fosforu, které je výrazně lepší než v předchozích letech. Většina toku je ve II. třídě jakosti (dříve s výjimkou horního úseku toku převládala III. třída). Průměrné koncentrace klesají pomaleji než zjištěná maxima, ale trend to byl velmi pozitivní.

Dále bylo vybráno hodnocení ze dvouletí 2015–2016, které bylo zpracováno v červenci 2017. Řeka byla sledována ve 12-ti profilech. Od horní části toku k ústí je patrný nárůst organického znečištění, fosforu a dusičnanů.

U BSK<sub>5</sub> je tok v horním úseku převážně v I. třídě, ve střední části ve II. třídě jakosti a dolní úsek se řadí do III. třídy. Hodnoty mediánů se po toku postupně zvyšují z cca  $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ke  $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . U CHSK<sub>Cr</sub> na celém toku převažuje II. třída jakosti, přičemž koncentrace vzrůstají z cca  $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  na  $15 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Zatížení dusičnany je v celém toku dlouhodobě na vyhovující úrovni – horní úsek toku v I. třídě, od Moravičan pak ve II. třídě jakosti. [18]

Koncentrace vyjádřené jako medián v celém toku nepřesahují  $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . V obsahu amoniakálního dusíku je tok od roku 2010 převážně ve I. třídě jakosti, průměrné koncentrace se pohybují od 0,03 do  $0,15 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Obsah fosforu se v globále mírně snižuje, klesá počet profilů ve III. třídě a stoupá počet profilů ve II. třídě. Průměrné koncentrace se pohybují od  $0,03 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (horní tok) po  $0,12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  na dolním úseku toku. Tato hodnocení jsou patrná z následujících grafů 3.6.

Z dlouhodobého hlediska patří koncentrace u organického znečištění (naměřené ve dvouletí 2015–2016) k průměrným, koncentrace u dusičnanů a amoniaku k nižším. Velmi pozitivně vycházelo hodnocení celkového fosforu, který je jedním z nejnižších od roku 1994. Přímo na toku nejsou žádné nádrže, které by ovlivňovaly kvalitu vody. Nádrže jsou lokalizovány pouze v povodí některých přítoků především v oblasti Beskyd. [18]

V povodí Moravy se kvalita ve dvouletí 2015–2016 oproti předchozím rokům velmi nezměnila. Dlouhodobě znečištěné toky jsou většinou málo vodné a proto je jejich ředící možnost vůči bodovému znečištění značně omezená. Samočistící schopnost je výraznou hydromorfologickou regulací snížena, a tím řada oblastí v jejich povodích postižena erozí spojenou s následnými splachy. Takovými toky jsou například Bílý potok pod Políčkou, Kyjovka od Kyjova, Haná pod Vyškovem, Rusava pod Hulínem, Trkmanka, Litava (Cézava), atd. Podobná situace je i na drobných tocích např. Moutnickém (Borkovanském) potoce, Prušánce a Spáleném nebo Dunajovickém potoce, atd. [18]

### ***Zhodnocení sinicového vodního květu ve vodních tocích***

Povodí Moravy, s.p. má stálá místa pro monitorování výskytu sinicového vodního květu a druhového složení fytoplanktonu. Tato místa jsou na řece Moravě (Lanžhot/Brodské) a Dyji (Pohansko). Tato monitorování jsou uskutečněna z důvodu prověření domněnky, zda sinicový květ z povodí Dyje neovlivňuje pod zaústěním kvalitu Moravy.

V řece Dyji je podíl sinic na poměrně nízké celkové abundanci <sup>4</sup> fytoplanktonu významnější než v řece Moravě a pohybuje se od 0 do 50 % v průběhu celého roku

<sup>4</sup>Abundance, počet jedinců jednoho druhu

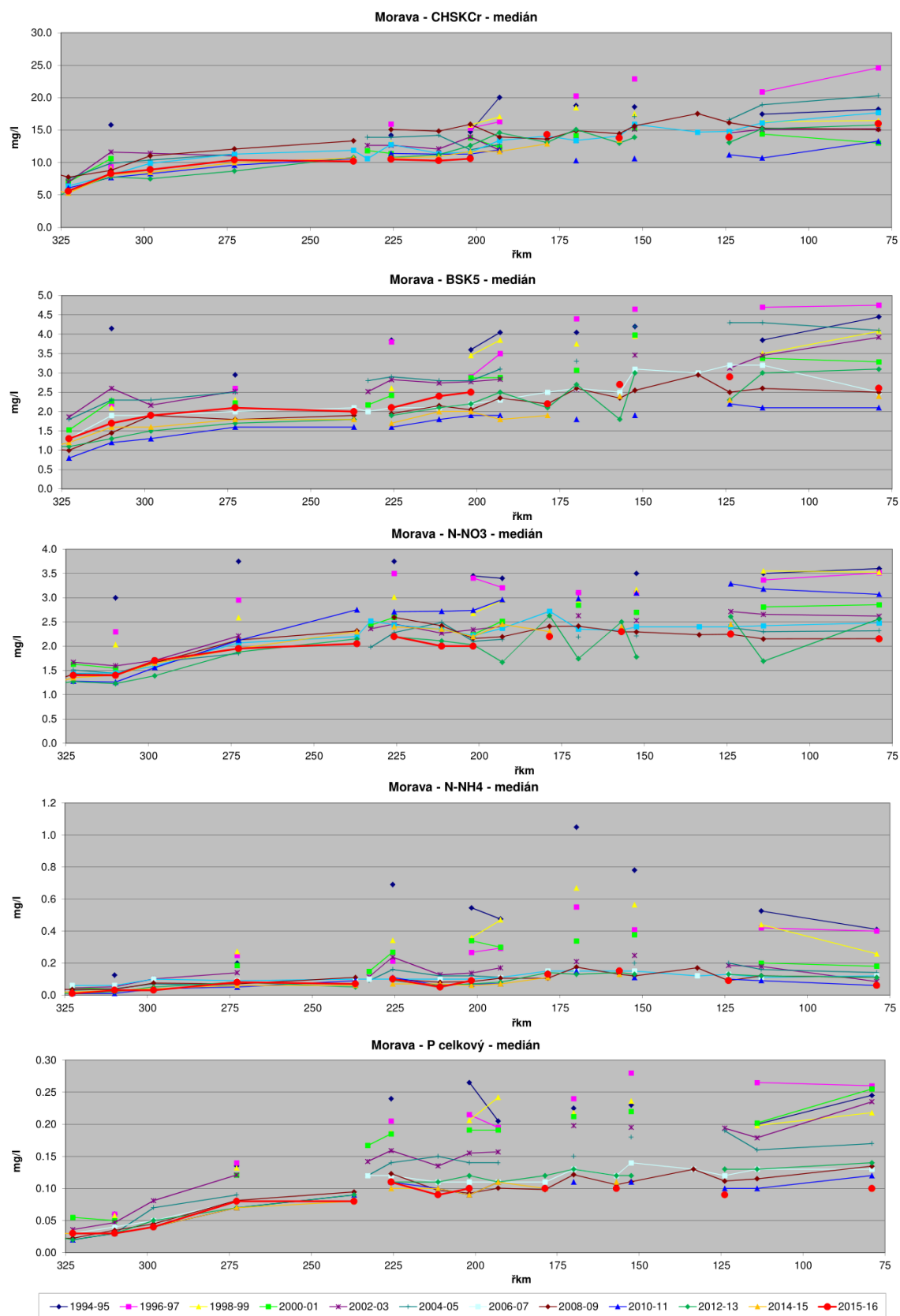
s výjimkou zářijového odběru. Tehdy byla zjištěna nejvyšší celková abundance fytoplanktonu 4 058 b/ml za rok 2016 a dominance vláknitých sinic, tvořily dohromady až 89 % z celkové abundance. K tvorbě reálného sinicového vodního květu ale nedošlo vzhledem k poměrně nízkému počtu buněk fytoplanktonu. [18]

Bylo zde zjištěno poměrně stabilní zastoupení sinic ve fytoplanktonu cca 13–17 % v období od dubna do srpna s výjimkou května, kdy se sinice nevyskytovaly vůbec. V září ale tvořily sinice dominantní složku fytoplanktonu a kromě této jediné výjimky převládající složkou fytoplanktonu byly na jaře rozsivky a v létě i zelené řasy. O skutečné dominanci sinic se dá hovořit jen při odběru vzorků v září, kdy byla identifikována pestrá směs vláknitých sinic, především *Planktothrix agardhii*, *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanizomenon gracile* a *Cylindrospermopsis raciborskii*, která tvořila až 70 % celkové abundance fytoplanktonu. Ale vzhledem k celkově nízké abundanci fytoplanktonu bylo skutečné množství sinic poměrně nízké a nelze tedy hovořit o skutečném "sinicovém vodním květu" tak jako v září 2015. [18]

V Moravě bylo zjištěno početnější druhové zastoupení fytoplanktonu i vyšší počet buněk sinic, avšak podíl sinic na celkové abundanci fytoplanktonu nebyl tak významný jako v Dyji. Ve fytoplanktonu řeky Moravy na jaře dominovaly rozsivky a v létě zelené řasy, což způsobovalo hnědý vegetační zákal a pění vody hlavně v květnu. Nejvyšší podíl sinic ve fytoplanktonu v řece Moravě na úrovni 33 % byl identifikován v září 2016, netvořily však dominantní část fytoplanktonu. V obou sledovaných tocích v roce 2016 nebyl pozorován makroskopický výskyt sinicového vodního květu.

V řece Moravě se už od jara vyskytovaly sinice, ale v zanedbatelné míře. Významnější nárůst zastoupení byl pozorován od začátku srpna do konce září, ale nikdy výrazně nepřevažovaly nad ostatním fytoplanktonem. Tvořily necelých 20 % z celkové abundance fytoplanktonu. Většinou šlo o druhy vláknitých sinic jako *Planktothrix agardhii* a rody *Aphanizomenon* a *Anabaena*. [18]





Obr. 3.6. Graficky zpracovaný podélný profil řeky Moravy v základních ukazatelích od roku 1994 do 2016 [18]

### 3.3 JAKOST VODY V NÁDRŽÍCH

Vodní nádrž je omezený prostor k hromadění vody pro pozdější využití, k zachycení povodňových průtoků pro ochranu údolí pod nádrží a k vytvoření vodního prostředí nebo k úpravě vlastní vody. Z hlediska čistoty vod jsou významné zejména větší nádrže, vybudované na vodních tocích a sloužící hlavně pro zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou, energetické a rekreační účely. Jezera se v ČR podílejí na celkovém potenciálu povrchových vod jen nepatrně. Pokud mají vodárenské nádrže, rybníky a malé vodní nádrže sloužit bez závad, musí vykazovat jakost vody v rozmezí hodnot, stanovených pro tyto účelové nádrže. Čistotu vody v nich sleduje organizace, která je spravuje nebo provozuje. [3]

Pro každou nádrž je směrodatná kvalita vody ve vtokovém profilu. Přisun jednotlivých složek vytváří podmínky pro vývoj poměrů akumulované vody a současně ovlivňuje její další využití. Každá vodní nádrž představuje z hlediska čistoty vody určitou specifikou, vytvořenou změnami jakosti vody v čase a prostoru nádrže. [3]

Fyzikální, chemické, biochemické vlastnosti vody v nádržích jsou závislé na mnoha faktorech. K hlavním faktorům patří velikost, hloubka proudění vody, druh nádrže a její morfologie, tvar zátopy a tím i hladiny, klimatické podmínky, nadmořská výška, intenzita slunečního svitu, teplota, geologické a vegetační poměry v povodí toku a v neposlední řadě jakost a množství vody, přitékající do nádrže. Většina těchto faktorů, významně ovlivňuje eutrofizaci nádrží a toků pod nimi. [2]

Voda po přítoku do nádrže mění své vlastnosti, vodou jsou pokryty povrchy, ze kterých se na začátku vyluhují různé organické a anorganické látky. V tomto případě je voda v nádrži znečištěna více než voda přitékající do nádrže. Větší znečištění se projevuje právě tehdy, jestliže nebyly ze dna řádně odstraněny nánosy, rostlinné porosty a pařezy. Tato perioda může trvat i několik let.

U nádrží kromě propustné acidifikace kyselými dešti přichází v úvahu i antropogenní znečištění, způsobené průmyslovými a zemědělskými odpady, lze pozorovat obecný vzrůst průměrných ročních koncentrací síranů, vápníků, dusičnanů, chloridu, hořčíku, a sodíku v pořadí klesajících přírůstků. [2]

Organické látky se dostávají do nádrží z přítoků, splachem z okolní půdy a vznikají metabolickou činností a odumíráním, rozkladem fyto- a zooplanktonu. Podíl organických látek z primární produkce na koncentraci veškerých látek se u vod nádrží a jezer pohybuje asi od 30 do 90 %.

Značná kyselost stojatých vod může být způsobena kyselými dešti, vodami z rašelinišť (obsahují huminové látky) a oxidací sloučenin síry v podloží. [3]

#### 3.3.1 Vertikální zonace (stratifikace)

Fyzikální vlastnosti a chemické složení stojatých vod se mění zejména ve směru vertikálním a ve směru horizontálním. Mění se nejen v ročních obdobích, ale také během



dne. Tyto změny se týkají zejména teploty, rozpuštěného kyslíku a oxidu uhličitého, sloučenin fosforu, dusíku, želez a manganu, dále hodnoty pH a neutralizačních kapacit.

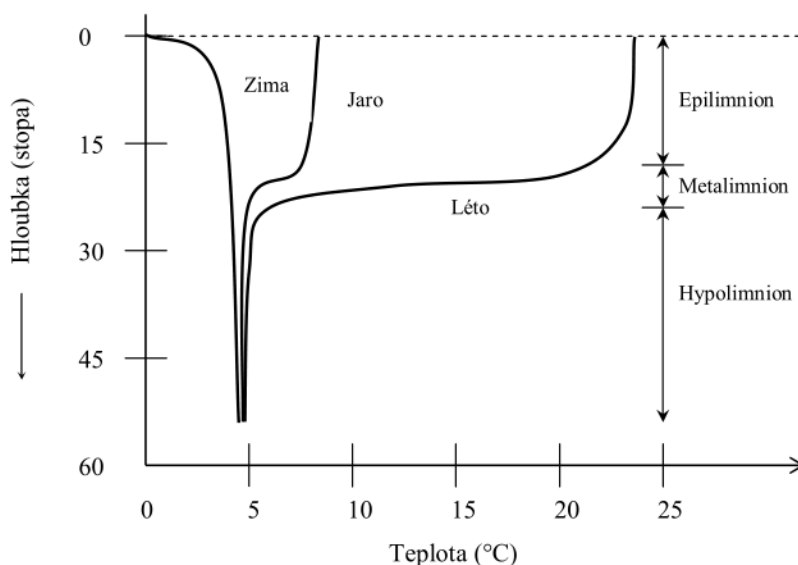
Vertikální zonace je tím výraznější, čím je nádrž hlubší a doba průtoku vody v ní delší. Za mělké se považují nádrže, které v důsledku větrného a konvektivního míchání nejsou stratifikovány. Za průtočné nádrže se považují nádrže s dobou průtoku menší než 10 dnů. Dokonalá stratifikace (a tím i optimální horizonty k odběru vody) může vznikat jen u hlubokých, dlouhých nádrží s dostatečně dlouhou dobou průtoku (alespoň několik desítek dnů). [2]

Zonace je výsledkem interakce mezi turbulencí vyvolanou větrem na povrchu nádrže a vztakovými změnami hustoty vody při ohřívání a chladnutí vody.

Na jaře a na podzim se působením větru promíchává celý objem nádrže. Hovoří se o jarní a podzimní cirkulaci. Postupným oteplováním se na povrchu hromadí teplejší vody o nižší hustotě, a tím se postupně tvoří teplotní stratifikace. Hovoří se o období letní stagnace. [2]

Rozhodující je období asi od dubna do července. V zimě po podzimní cirkulaci dochází ochlazováním povrchu k intenzivnímu vrstvení teploty, protože voda chladnější než 4 °C má menší hustotu a shromažďuje se u hladiny. Hovoří se o období zimní stagnace. [2]

Další změny chemického složení po vertikále souvisejí s uvedenými změnami v koncentraci kyslíku a oxidu uhličitého. Jde např. o tyto chemické a biochemické procesy:



Obr. 3.7. Příklad teplotního profilu nádrže [2]

- nitrifikaci,
- denitrifikaci,
- oxidaci sulfidické síry,

- redukci síranů,
- oxidaci a redukci kovů,
- srážení a rozpouštění hydratovaných oxidů, uhličitánů, fosforečnanů, aj.

Změny v chemickém složení se týkají především biogenních prvků (N,P) a dále Fe, Mn, hodnoty pH a neutralizační kapacity. **Dnové sedimenty** (kaly) významně ovlivňují jakost vody u dna nádrží, a tím i vertikální stratifikaci chemického složení vody. **Organický podíl** dnových sedimentů je tvořen odumřelou nebo odumírající biomasou vodních organismů a anorganický podíl málo rozpustnými sloučeninami Fe, Mn a Si. [2]

### 3.3.2 Eutrofizace

Vodní nádrže jsou bohaté na živiny z čistíren odpadních vod proti proudu. Díky adekvátnímu světlu, se mohou řasy rychleji usazovat a stávají se problémem. Vývoj řas je v létě složitější vzhledem k tepelné stratifikaci, přičemž nižší zóny nádrže (hypolimnion) se stávají anaerobními. To způsobuje uvolňování amoniaku, fosforu a oxidu křemičitého a všech živin v řasách ze spodních sedimentů. Toto uvolňování živin povzbuzuje ještě větší růst řas. [19]

Máme dva specifické problémy s květy řas, prvním z nich je provozní problém. Úprava vody je zatížena přítomností řas, malé řasy mohou proniknout do filtru a putovat do distribučního systému, což způsobuje následující:

- barva a zákal – problémy s chutí a zápachem způsobují rozpadlé řasy, nakonec se řasy na stěnách zásobovacích trubek stanou zdrojem potravy pro mikroorganismy nebo vyšší živočichy, kteří zamořují zásobovací systém,
- v praxi řasy snižují rychlost průtoku úpravnou vody blokováním mikrosít. Větší řasy blokují pískové rychlofiltry a menší druhy blokují pomalé pískové filtry. V těžkých případech může být dodávka vody drasticky snížena nebo úplně zastavena. [19]

Druhým problémem jsou metabolismy řas, které způsobují dvě věci. Produkují oxid uhličitý během dýchání, a to může způsobit silnou změnu pH vody (což je nejčastěji způsobeno velkými plodinami, známými jako květy modrozelených řas).

Tyto změny pH výrazně narušují koagulační proces, což vede ke ztrátě koagulantu, často síranu hlinitého a snížení kvality vody z hlediska barvy a zákalu.

Některé řasy také uvolňují extracelulární produkty, některé z nich jsou toxické a jiné zvyšují obsah organických látek ve vodě. Z vedlejších produktů to mohou být halogeny, které jsou karcinogenní. Problémy s chutí a zápachem mohou způsobit uzavření úpravní během léta až na dva měsíce. [19]

**Eutrofizace** je růst obsahu minerálních živin, zejména sloučenin fosforu a dusíku a následně biomasy (sinic, řas a vyšších rostlin). Ukazatelem obsahu biologicky využitelných živin ve vodě je trofický potenciál, který se stanovuje biologickou metodou. Rozlišuje se přirozená eutrofizace a antropogenní (indukovaná). [2]

- a) Přírozenou eutrofizaci nelze ovlivnit a je způsobena přítomností sloučenin P a N, pocházejí z půdy dnových sedimentů a rozkladem odumřelých vodních organismů.
- b) Antropogenní (indukovaná) eutrofizace je výsledkem civilizačního procesu. Je způsobena splachem dusíkatých a fosforečných hnojiv ze zemědělsky obdělávané půdy. Dále používáním polyfosforečnanů v syntetických detergentech a zvětšujícím se množstvím splaškových vod, obsahujících sloučeniny fosforu a dusíku z fekálií. [3]

Typickým příkladem eutrofizace je změna společenstva fytoplanktonu. Projeví-li se následný rozvoj sinic a řas v „barvě“ sloupce vody, hovoří se o tzv. vegetačním zbarvení. Barva vody bývá nejčastěji zelená nebo zelenomodrá. Stav, kdy se sinice a řasy nahromadí v masách těsně u hladiny, se označuje jako "vodní květ" (Obr. 3.8). Barva vody způsobená rozvojem uvedených organismů se projevuje asi do hloubky 5 m, kam ještě proniká sluneční záření v dostatečné míře. [3]

Hromadění uvedených biogenních prvků ve vodě a s tím spojená produkce fytoplanktonu vyvolává nebezpečí sekundárního znečištění vody organickými látkami, vznikajícími životní činností rozbujeleho fytoplanktonu. Dochází ke zhoršování organoleptických vlastností vody a někdy k tvorbě toxických látek, které mají po delší době expozice nepříznivý vliv na lidský organismus (při rekreačním koupání se mohou tvořit vyrážky nebo docházet k zánětu očních spojivek), proto nelze v kritických obdobích využívat takové vody k rekreačním účelům. Při úpravě takové vody na pitnou, koagulací a pískovou filtrací, jsou zatíženy vodárenské filtry a sinice a řasy pronikají do upravené vody. [3]

Kromě sloučenin fosforu a dusíku mohou být dalším limitujícím faktorem eutrofizace také formy  $\text{CO}_2$  ve vodě, protože sinice a řasy mají schopnost získávat  $\text{CO}_2$  pro fotosyntézu i rozkladem hydrouhličitánů.

Rozvoj primární produkce závisí na ročním období (maximální rozvoj vodního květu je na jaře a v létě), na nadmořské výšce, na teplotě vody, na hodnotě pH aj. Vodní květ se vyskytuje zejména v nádržích s větší průměrnou teplotou (asi  $10^\circ\text{C}$ ) a v nadmořských výškách asi pod 500 m. Člověk produkuje asi 1,5 g fosforu za den. K tomu množství ve splaškových vodách přistupují další sloučeniny fosforu pocházející ze syntetických detergentů. Ve vyspělých zemích činí produkce fosforu více než 3 g na obyvatele za den. Mezní koncentrace sloučenin fosforu a dusíku ve vodě, aniž by docházelo k tvorbě vegetačního zbarvení či "vodního květu", nelze určit obecně. [3]



Obr. 3.8. Přemnožení planktonních řas nebo sinic tzv. vodní květ [20]

### 3.3.3 Příklady eutrofizovaných nádrží v ČR

#### *Eutrofizace Brněnské přehrady - povodí Moravy*

Důvodů pro výstavbu nádrže bylo více: regulace nestabilního toku řeky a řízení průtoku pod přehradou, získání zdroje vody pro město Brno, budoucí rekreační využití. Teď je tedy účelem nádrže: výroba elektrické energie ve špičkové vodní elektrárně, snížení povodňových průtoků, rekreace a vodní sporty, plavba, rybářství. V roce 1936 došlo k zahájení stavebních prací a byla zatopena původní obec Kníničky. Přehrada byla uvedena do provozu v roce 1940. Její objem stálého nadržení je 2,082 mil<sup>3</sup>, plocha povodí činí 1 586,23 km<sup>2</sup> a minimální odtok je 1,370 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. [21][22]

Intenzivní eutrofizací řeky Svratky která je přítokem nádrže, byl před rokem 2010 způsoben masivní rozvoj sinic a voda v Brněnské údolní nádrži se stala nevhodnou ke koupání. Proto se navrhla a uskutečnila řada opatření na snížení eutrofizace a rozvoje vodního květu. Stalo se tak v rámci projektu realizace opatření na Brněnské údolní nádrži. Hlavním cílem této akce bylo zredukovat inokula sinic v sedimentech nádrže minimálně o 50 % a zvýšit prostřednictvím aerace koncentraci kyslíku v hloubce 1 m nade dnem na hodnotu 2 mg·l<sup>-1</sup>. [23]

Celý projekt je celosvětově unikátní kvůli rozsahu podniknutých opatření. Prvotním zásahem se stalo letecké vápnění obnažených břehů vápenatým hydrátem, které zrychlilo rozklad organického podílu sedimentů, jež by mohl sloužit jako zdroj živin sinicím. Proces mineralizace sedimentů byl ještě podpořen upuštěním hladiny o 10 m. V tomto stavu nádrže byla nasazena speciální loď se zařízením pro sběr sinic a provzdušňování. Dále došlo k podpoře rozvoje zooplanktonu následkem výměny bílých ryb za dravé druhy ryb. Mezi hlavní opatření patří srážení fosforu na přítoku nádrže 41% roztokem síranu železitého. Neškodný síran železitý vysráží fosfor a tím se sníží množství živin pro sinice. Dávkování probíhalo od začátku května v té době do konce září bylo řízeno automaticky, v závislosti na průtoku s možností ovládní přes internet. Účinnost srážení fosforečnanů se pohybuje v rozmezí 90–96 %, dle dávky síranu železitého, která činí 20–60 mg·l<sup>-1</sup>. V květnu roku 2014 Povodí Moravy, s.p. opět spustilo provoz aeračních věží a dávkování síranu železitého na přítoku Svratky do Brněnské údolní nádrže.

Druhým důležitým opatřením je použití dvaceti aeračních věží k provzdušnění a promíchání vodního sloupce. V přehradě je 15 mísících a 5 aeračních věží. V rozhovoru s ředitelem Povodí Dyje a Povodí Moravy Janem Morongou bylo uvedeno, že 5 provzdušňovacích věží zůstává v hloubce tří metrů a ostatní věže se přiblíží o metr blíže k hladině. [24] Nejvhodnější doba aerace hypolimnia nádrže dle měření (do roku 2010) obsahu rozpuštěného kyslíku byla stanovena od poloviny března do poloviny října. Pro maximální účinek aeračních věží bývají rozmístěny napříč celé nádrže do obrazce polygonu (Obr.3.10). V případě zvýšeného výskytu sinic jsou v záloze opatření, jako dávkování polyaluminium chloridu, či sběr biomasy pomocí speciální lodě. Součástí projektu byl i podrobný monitoring, při kterém je kontrolován vliv opatření na vodní prostředí. Výsledkem vzájemného působení těchto opatření bylo



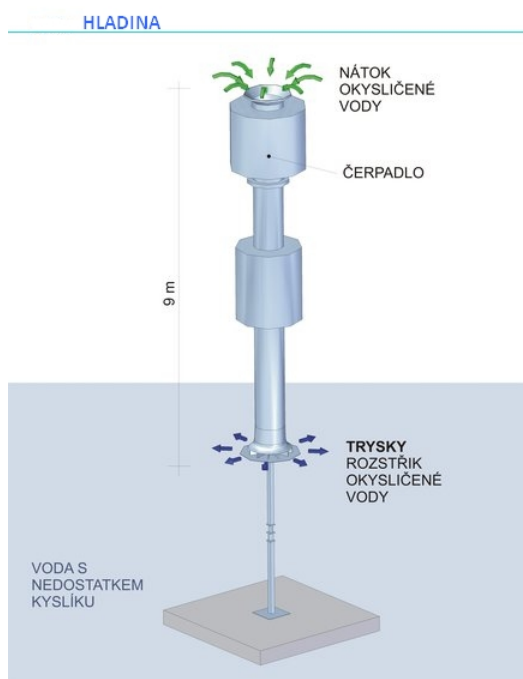
snížení počtu buněk sinic v sedimentu o 90 %, koncentrace kyslíku  $3,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  v metru nade dnem, či vyhovující stav vody ke koupání dle hodnocení Krajské hygienické stanice. [23] [25]



Obr. 3.9. Eutrofizovaná voda v Brněnské přehradě [26]



Obr. 3.10. Rozmístění aeračních věží na přehradě



Obr. 3.11. Schéma aerační věže s čerpadlem

### ***Eutrofizace vodní nádrže Slezská Harta - povodí Odry***

Výstavba vodní nádrže Slezská Harta byla realizována na základě úvah o nutnosti posílení níže ležícího vodárenského zdroje Kružberk. Postupně byl účel nádrže rozšířen i o odběr surové vody pro Bruntálský oblastní vodovod, příznivé ovlivnění jakosti surové vody pro vodárenské účely, nalepšení průtoků v Moravici, snížení povodňových průtoků v toku pod VN, využití vodní energie, rekreaci a rybne hospodářství. Výstavba VN byla dokončena v roce 1997. Plocha povodí je 464 km<sup>2</sup>, celkový objem nádrže je 218,7 mil. m<sup>3</sup>, minimální odtok je 3,95 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Hlavními přítoky vodní nádrže jsou Moravice, Podolský potok a Černý potok. [27]

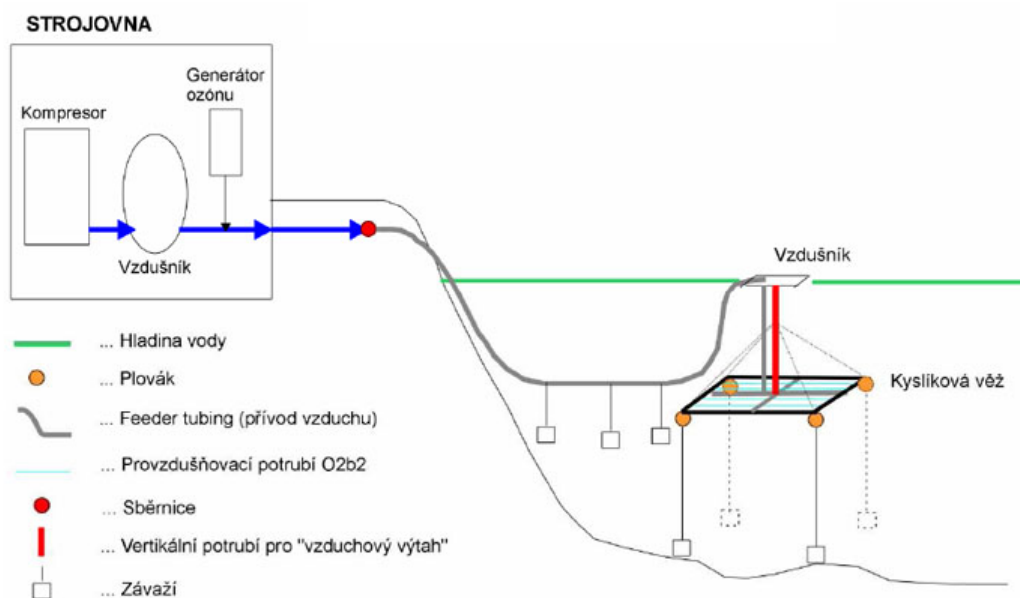
### ***Eutrofizace nádrže Orlík***

Vodní dílo Orlík, vybudované na říčním kilometru 144,65 Vltavy v letech 1956 až 1966, je nejen největší přehradou celé Vltavské kaskády, ale zároveň objemově největším jezerem v celé ČR. Při plném vzduť má na Vltavě délku 68 km a zasahuje až za Týn nad Vltavou, k Hněvkovicím. Primárním účelem VD Orlík je akumulace vody pro nalepšení průtoků na spodní části toku Vltavy (a potažmo také Labe), ochrana území pod přehradou včetně hlavního města před velkými vodami a dále výroba elektrické energie. Samozřejmostí je rovněž využití jezera pro plavbu, sportovní a rekreační aktivity a také rybolov. Povodí vodní nádrže odpovídá povodí horní Vltavy a zaujímá rozlohu 12 117 km<sup>2</sup>, což je přibližně 1/7 rozlohy České republiky. Stálý objem nádrže činí 280 mil. m<sup>3</sup> [29]





Obr. 3.12. Konstrukce aerační věže



Obr. 3.13. Umístění kyslíkové věže ve vodní nádrži  
"Feeder tubing" přivádí vzduch do vzdušníku kyslíkové věže, který je umístěný na hladině





Obr. 3.14. Vodní nádrž Slezská Harta [28]

Eutrofizace vzniká velkým přítokem fosforu do vodní nádrže. Ročně do nádrže přiteče cca 288 t fosforu. Hlavními zdroji fosforu jsou komunální odpadní vody vypouštěné do toků, intenzivní chov ryb v rybnících a zemědělské obhospodařování v povodí.

Příklady možných opatření jsou:

- bodová opatření: čistírny odpadních vod, retenční nádrže, rekonstrukce kanalizací,
- opatření v rybníkářství: změna chovu ryb – přechod na méně intenzivní chov,
- opatření v oblasti vnosů fosforu ze zemědělství: zatravnění 20 metrů širokých pásů podél vodotečí a nádrží, zatravnění svažitých ploch, nehnojení svažitých ploch a zavedení bezorebných technologií aj. [29] [30]



Obr. 3.15. Eutrofizovaná vodní nádrž Orlík [31]

## 4 UPRAVITELNOST POVRCHOVÝCH VOD V ČR

Způsob určení indexu upravitelnosti se řídí vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 120/2011 Sb. Je to vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů. Poslední znění je platné od 6. 5. 2011, poslední znění je od 1. 1. 2012. [15]

### 4.1 ZPŮSOB VYHODNOCENÍ A ZAŘAZENÍ SUROVÉ VODY DO KATEGORIÍ

#### 4.1.1 Základní zařazení nového zdroje surové vody

Základní zařazení nového zdroje surové vody do kategorie se provádí vyhodnocením ukazatelů jakosti surové vody uvedených v tabulce: ??, a to s četností minimálně 12 vzorků v průběhu dvou let (§ 22 odst. 4 a 5). Surová voda je považována za vyhovující příslušným ukazatelům v dané kategorii, pokud vzorky této vody odebírané v pravidelných intervalech a v tomtéž bodě vzorkování budou vyhovovat hodnotám ukazatelů pro odpovídající kvalitu vody, a to u 95 % odebraných vzorků.

Každý ukazatel je svými výsledky zařazen do vlastní kategorie. Výsledná kategorie je určena podle nejhorší kategorie jednotlivého ukazatele. Pokud je u některého ukazatele uvedena stejná limitní hodnota pro všechny kategorie (A1, A2, A3), potom v případě překročení mezní hodnoty kategorie A1 bude ukazatel zařazen mimo veškeré kategorie (tzn. nevyhovuje předepsaným kategoriím svojí vyšší koncentrací) což odpovídá kategorii vyšší než A3, viz. tabulka č. 4.1 a č. 4.2. Je-li u některého ukazatele uvedena stejná limitní hodnota pro kategorii A1 a A2 a vyšší pro kategorií A3, potom v případě překročení mezní hodnoty kategorie A1 je ukazatel zařazen do kategorie A3.

Ukazatel, jehož zjištěná hodnota je vyšší než mezní hodnota určená pro kategorii A3 a je potvrzena opakovaným nálezem, pak je i při nižším počtu odebraných vzorků než 12 zařazen zdroj mimo kategorie A1, A2, A3 (tj. nevyhovuje předepsaným kategoriím svojí vyšší koncentrací). Pro povrchovou vodu se pro upřesnění kategorie vychází z hodnot ukazatelů a četnosti odběrů získaných za období posledních 2 let. od výše uvedených požadavků na rozdělení surové vody do kategorie se lze odchýlit v případech že:

- vznikla povodeň nebo jiná přírodní katastrofa, byly abnormální povětrnostní podmínky,
- povrchová voda podléhá přírodnímu obohacování určitými látkami, které může mít za důsledek překročení limitů stanovených v tabulce č. 1a této přílohy pro kategorie A1, A2 a A3, (Přirozeným obohacováním se rozumí proces, při

kterém bez lidského zásahu do povrchové vody přecházejí z půdy látky v nich obsažené. Zařazení se provede do nejbližší nižší kategorie),

- se u stojatých povrchových vod nebo u povrchových vod v mělkých nádržích u ukazatelů železo, mangan, chemická spotřeba kyslíku (CHSKMn), nasycení kyslíkem, BSK<sub>5</sub>; Odchylka platí pouze pro nádrže s hloubkou do 20 m, s výměnou vody v nádrži kratší než jeden rok a bez přítoku odpadních vod, dále při odběrech z různých horizontů
- pokud u maximálně dvou ukazatelů stanovená hodnota přesahuje mezní hodnoty kategorie A3 a ostatní ukazatele odpovídají kategorii A1 popř. A2, pak je třeba stanovenou hodnotu ověřit dalšími rozbory. Pokud výsledek technologické zkoušky prokáže, že lze tuto vodu upravit jednodušším postupem, než by odpovídalo kategorii A3, pak se zařazuje surová voda do kategorie odpovídající výsledku technologické zkoušky.

možnost vyloučení vzorků určí provozovatel s ohledem na četnost jejich výskytu. V případě značného kolísání jakosti surové vody v průběhu roku, kdy zdroj nelze jednoznačně zařadit do kategorie, se určí výsledná kategorie dále uvedeným výpočtem průměrného indexu upravitelnosti podle vybraného ukazatele se zvláště proměnlivými výsledky. Index upravitelnosti zaokrouhlený výše se rovná kategorii surové vody pro daný ukazatel.

#### 4.1.2 Způsob určení průměrného indexu upravitelnosti

Pro potřebu určení typu úpravy a technologického zařízení úpraven vod, kdy vzhledem k většímu kolísání jakosti surové vody nejde v průběhu roku zdroj zařadit jednoznačně do jedné kategorie, může provozovatel určit průměrný index upravitelnosti ( $I_{u,p}$ ) vybraných ukazatelů podle vztahu:

$$I_{u,p} = I_{u1} \cdot \frac{a}{100} + I_{u2} \cdot \frac{b}{100} + I_{u3} \cdot \frac{c}{100} + I_{u4} \cdot \frac{d}{100} \quad (4.1)$$

kde a, b, c je četnost výskytu ukazatele v procentech v kategorii A1, A2, A3 a kde d je četnost výskytu ukazatele v kategorii větší než A3.

Index upravitelnosti ( $I_u$ ) je číslo odpovídající kategoriím A1 až A3 ( $I_{u1} = 1, I_{u2} = 2, I_{u3} = 3$ ). Pro hodnoty větší než přísluší kategorii A3 je  $I_{u4} = 4$ . Rostoucí index upravitelnosti je úměrný zhoršující se kvalitě zdroje a tím surová voda vyžaduje náročnější typ úpravy podle tabulky. V případě, že hodnota vypočteného indexu upravitelnosti ( $I_u$ ) vychází mezi celými čísly, tak rozhodnutí o odpovídajícím typu úpravy musí akceptovat vzrůstající náročnost úpravy pro ukazatel s nejvyšší a nejvíce proměnlivou hodnotou.

Tab. 4.1. Ukazatele jakosti surové povrchové vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu 1. část [32]

Pořadové číslo	Ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
			mezní	mezní	mezní
1.	Reakce vody	pH	6,5 - 9,5	5-6,5 9,5-10	< 5 nebo < 10
2.	Barva	mg/l Pt	20	100	200
3.	Neroszpuštěné látky suš.	mg/l	10		
4.	Teplota	°C	20	25	25
5.	Konduktivita	mS/m	125	125	125
6.	Pach	stupeň	2	5	8
7.	Dusičnany	mg/l	50	50	50
8.	Fluoridy	mg/l	1,5	1,5	1,5
9.	Adsorbovatelné org. vázané halogeny (AOX)	mg/l	0,01	0,02	0,03
10.	Železo celkové	mg/l	0,2	1	2
11.	Mangan	mg/l	0,05	0,5	1,5
12.	Měď	mg/l	0,05	0,05	0,1
13.	Zinek	mg/l	3	5	5
14.	Bor	mg/l	1	1	1
15.	Berylium	mg/l	0,002	0,002	0,002
16.	Nikl	mg/l	0,02	0,03	0,03
17.	Arsen	mg/l	0,01	0,01	0,02
18.	Kadmium	mg/l	0,005	0,005	0,005
19.	Chrom veškerý	mg/l	0,05	0,05	0,05
20.	Olovo	mg/l	0,01	0,025	0,05
21.	Selen	mg/l	0,01	0,01	0,01
22.	Rtuť	mg/l	0,001	0,001	0,001
23.	Kyanidy veškeré	mg/l	0,05	0,05	0,05
24.	Sírany	mg/l	250	250	250
25.	Chloridy	mg/l	100	100	250
26.	Tenzidy aniontové	mg/l	0,2	0,2	0,5
27.	Uhlovodíky C10-C40	mg/l	0,05	0,05	0,5
28.	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	µg/l	0,1	0,1	0,2
29.	Pesticidní látky celkem	µg/l	0,5	0,5	0,5
30.	Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	mg/l	3	10	15

Tab. 4.2. Ukazatele jakosti surové povrchové vody 2. část [32]

31.	Biochemická spotřeba kyslíku (BSK 5 ) při 20° C s vyloučením nitrifikace	mg/l	3	5	7
32.	Amonné ionty	mg/l	0,5	1	3
33.	Celkový organický uhlík (TOC)	mg/l	5	7	10
34.	Huminové látky	mg/l	2,5	5,0	8,0
35.	Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	50	5000	50000
36.	Termotolerantní koliformní bakterie	KTJ/100 ml	20	2000	20000
37.	Fekální streptokoky (Enterokoky)	KTJ/100 ml	20	1000	10000
38.	Mikroskopický obraz	jedinci/ml	50	3000 500 <sup>1)</sup>	10000 1000 <sup>1)</sup>
39.	Pesticid jednotlivý <sup>2)</sup>	µg/l	0,1	0,1	0,5
40.	Hliník	mg/l	0,2	1,0	2,0

Tab. 4.3. Typy úprav pro jednotlivé kategorie surové vody [32]

<b>A1</b>	Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.
<b>A2</b>	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtraci, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
<b>A3</b>	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí popř. jejich kombinací. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.
<b>Vyšší koncentrace než jsou uvedeny pro kategorii A3</b>	Podle § 13 odst. 2 zákona lze vodu této jakosti výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, při čemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody.

## 4.2 VZOROVÝ VÝPOČET INDEXU UPRAVITELNOSTI

Na základě poskytnutých naměřených dat od společnosti Povodí Moravy, s.p. byly zpracovány vzorové výpočty indexu upravitelnosti dle výše zmíněné vyhlášky č. 120/2011 Sb.

Jedná se o toky v povodí Moravy a těmi jsou: Desná (v profilech: Sudkov a pod Hučivou Desnou), Morava. Řeka Morava pramení pod Králickým Sněžníkem v nadmořské výšce 1 380 m n.m. V horním úseku protéká Morava úzkým údolím až k soutoku s Desnou u Postřelmona, kde se náhle otevírá široké údolí s inundacemi. Kolem Litovle pak Morava protéká malebným Litovelským Pomoravím. Pod Olomoucí přijímá svůj největší levobřežní přítok – řeku Bečvu. Celková délka řeky Moravy na území České republiky dosahuje 284,5 km. Celková délka řeky až po soutok s Dunajem je 354 km. [33]

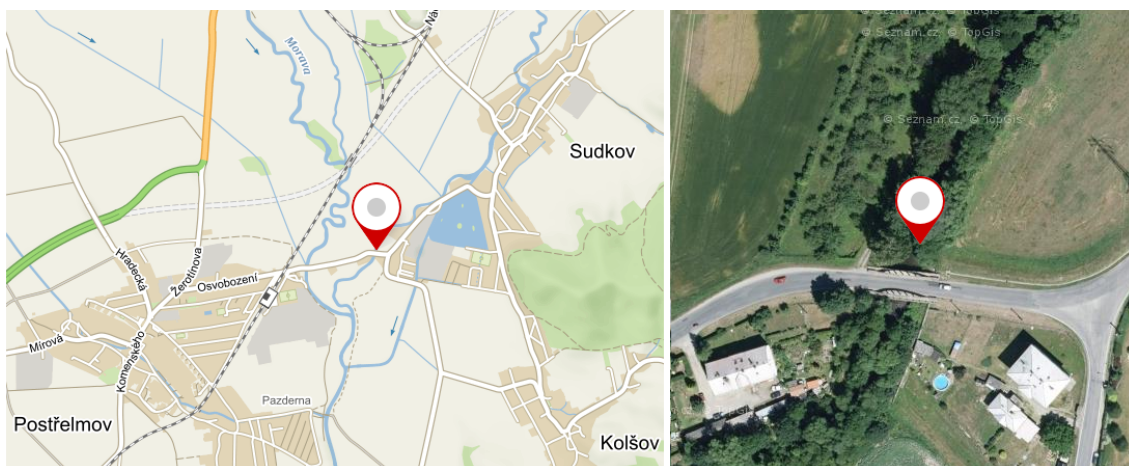
V místě, kde řeka Morava opouští území České republiky (v říčním km 69,468), přijímá svůj nejdelší přítok, který je druhou nejvýznamnější řekou v celém povodí, Dyji. Soutok obou toků u Lanžhota leží v nadmořské výšce 148 m n.m. Absolutní spád Moravy od pramene činí 1 232 m.

Desná je levostranný přítok řeky Moravy. Pramenní v Medvědí žlebu pod Vysohou holí v Hrubém Jeseníku. Až k soutoku s Hučivou Desnou v Koutech nad Desnou v nadmořské výšce 560 m se také nazývá Divoká Desná. Dále směřuje převážně jihozápadním směrem. Nakonec se vlévá do řeky Moravy u Postřelmona v nadmořské výšce 281 m. [33] [34]

### 4.2.1 Vlastní výpočet indexu upravitelnosti

Jako první v řadě byl zvolen měrný profil na toku Desná – Sudkov.





Obr. 4.1. Měrný profil Desná – Sudkov, říční kilometr 0,40, souřadnice WGS84: N 49,91261, E 16,93200 [35]



Obr. 4.2. Měrný profil Desná – pod Hučivou Desnou, říční kilometr 30,84, souřadnice WGS84: N 50,0923575, E 17,0949292 [35]

Tab. 4.4. Hodnoty ukazatelů pro profil Desná – Sudkov

Tok	Profil	Říční kilometr	Rozbor č.															
Desná	Sudkov	0,40	ukazatel		jednotka	číslnost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			ID	Reakce vody	pH	12	Hodnota											
			1.				7,3	7,4	7,3	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,4	7,3	7,5	7,3
			3.	Nerozp. l. NLS	mg/l	12	2	2,6	6,0	8,4	6	17,0	29,0	5,8	75	14	3,6	4,4
			4.	Teplota vody	°C	12	0,2	0,6	5,0	7,9	7,5	14,7	16,6	17,7	13,4	7,9	7,2	4,2
			6.	Pach	stupeň	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			7.	Dusičnany	mg/l	12	14,0	8,9	9,2	4,8	6	8,0	8,4	8,1	6,3	5,8	7,1	8,8
			9.	AOX	µg/l	12	8,4	8	9	6,0	<5	11,0	10	9	22	7,7	5,0	10
			10.	Železo celk.	mg/l	12	0,257	0,125	0,141	0,249	0,18	0,330	0,894	0,245	1,60	0,379	0,133	0,188
			11.	Mangan	mg/l	12	0,056	0,022	0,019	0,017	0,017	0,030	0,062	0,022	0,091	0,024	0,016	0,023
			12.	Měď	µg/l	12	1,53	1,73	1,52	1,41	1,19	2,19	3,86	1,96	5,46	2,07	1,310	1,300
			13.	Zinek	µg/l	12	7,55	6,77	5,59	<5,00	<5,00	7,59	12,4	<5,00	20,6	6,66	<5,00	<5,00
			17.	Arsen	µg/l	12	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,15	<1,00	<1,00	<1,00
			19.	Chrom veškerý	µg/l	12	1,220	0,676	1,19	1,18	0,79	3,280	2,51	6,61	4,95	1,29	0,817	0,978
			20.	Olovo	µg/l	12	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	1,48	<0,500	3,46	0,679	<0,500	<0,500
			24.	Síraný	mg/l	12	32	25	21	13	15	23	23	29	15	14	15	20
			25.	Chloridy	mg/l	12	29,0	25	14,0	5,5	7,3	14,0	15,0	18,0	7,6	6,9	8,6	14,0
			32.	Amonné ionty	mg/l	12	0,100	0,350	0,100	0,03	<0,026	0,048	0,071	0,072	0,07	0,031	<0,026	0,058
			33.	TOC	mg/l	12	1,94	2,07	4,16	2,23	2,57	3,53	3,67	2,58	5,54	3,18	2,72	2,67

Tab. 4.5. Výpočet průměrné hodnoty indexu upravitelnosti pro profil Desná – Sudkov

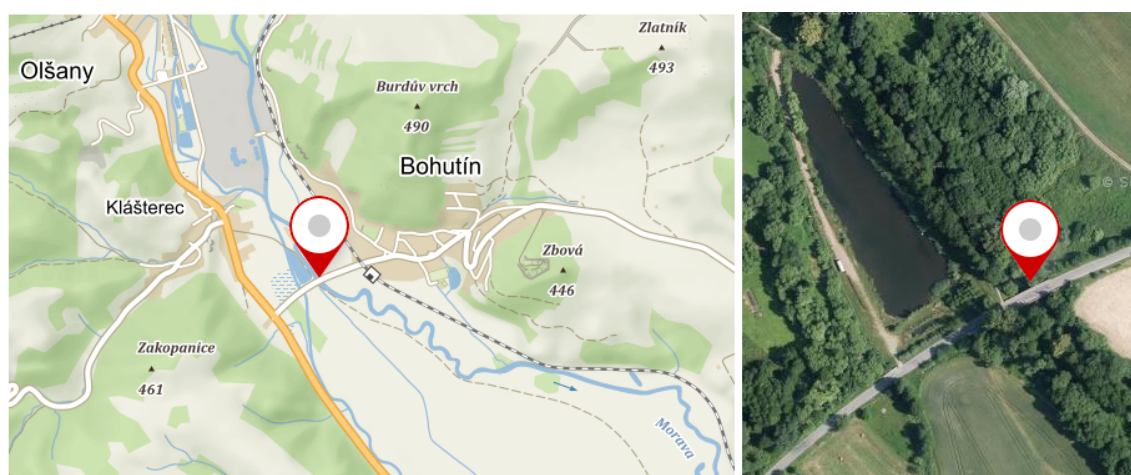
Tok Desná	Profil Sudkov	Říční kilometr 0,40														výsledná kat.	index upravit.	
		Kategorie												% Podíl				
Rozbor číslo: ID      četnost		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A1	A2	A3	A4	
1.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
3.	12	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	66,7	33,3	0,0	0,0	1,33
4.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
6.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
7.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
9.	12	1	1	1	1	1	2	1	2	3	1	1	1	75	16,7	8,3	0,0	1,33
10.	12	2	1	1	2	1	2	2	2	3	1	1	1	50,0	41,7	8,3	0,0	1,58
11.	12	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	83,3	16,7	0,0	0,0	1,17
12.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
13.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
17.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
19.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
20.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
24.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
25.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
32.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
33.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00
Průměrný index upravitelnosti =																		1,08

Tab. 4.6. Hodnoty ukazatelů pro profil Desná – pod Hučivou Desnou

Tok		Profil		Říční kilometr		Hodnota											
Desná		pod Hučivou Desnou		30,84		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ID	ukazatel	jednotka	Rozbor č.	četnost													
1.	Reakce vody	pH	12		7,2	7,1	7,2	7,0	7,1	7,3	7,4	7,4	7,4	7,3	7,1	7,2	7,1
3.	Nerozp. I. NLS	mg/l	12		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	3,60	<2,0	8,80	14,00	3,00	<2,0
4.	Teplota vody	°C	12		0,1	1,3	4,1	6,7	6,7	12,9	13,7	14,3	13,5	8,3	7,7	3,7	3,7
6.	Pach	stupeň	12		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	Dusičnan	mg/l	12		4,7	4,4	4,2	3,2	3	3,2	3,2	4,0	2,8	2,8	3,1	3,1	3,4
9.	AOX	µg/l	12		<5	<5	5,800	<5	5,000	<5	<5	<5	9,400	<5	<5	<5	6,000
10.	Železo celk.	mg/l	12		0,016	<0,010	0,012	0,040	0,02	0,014	0,117	0,026	0,14	0,460	0,138	0,026	0,026
11.	Mangan	mg/l	12		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	0,018	<0,010	<0,010
12.	Měď	µg/l	12		0,95	1,23	0,67	1,17	0,71	0,76	0,94	1,34	1,41	1,56	0,985	0,670	0,670
13.	Zinek	µg/l	12		<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	5,87	<5,00	<5,00
17.	Arsen	µg/l	12		<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
19.	Chrom	µg/l	12		0,931	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	0,503	<0,500	0,527	0,708	<0,500	<0,500	<0,500
	veškerý																
20.	Olovo	µg/l	12		<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	0,561	<0,500	<0,500
24.	Síran	mg/l	12		11	10	10	8	8	10	10	10	11	7	8	8	9
25.	Chloridy	mg/l	12		9,0	6	8,1	2,5	3,6	6,8	5,6	6,5	2,4	2,1	3,6	4,7	4,7
32.	Amonné ionty	mg/l	12		<0,02	0,065	<0,026	0,032	<0,026	0,029	<0,026	0,076	0,03	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026
33.	TOC	mg/l	12		1,09	1,39	1,71	2,28	2,04	1,73	2,25	1,58	3,72	2,52	2,27	2,09	2,09

Tab. 4.7. Výpočet průměrné hodnoty indexu upravitelnosti pro profil Desná – pod Hučivou Desnou

Tok		Profil		Říční kilometr												index upravit.				
Desná		pod Hučovou Desnou		30,84																
ID	Rozbor číslo: četnost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	výsledná kat.	A1	% Podíl				index upravit.
		Kategorie														A2	A3	A4		
1.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
3.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	91,7	8,3	0,0	0,0	1,08	
4.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
6.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
7.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
9.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
10.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	91,7	8,3	0,0	0,0	1,08	
11.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
12.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
13.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
17.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
19.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
20.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
24.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
25.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
32.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
33.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00	
															Průměrný index upravitelnosti =					1,01



Obr. 4.3. Měrný profil Morava – Bohutín, říční kilometr 310,00, souřadnice WGS84: N 49,95153, E 16,87237 [35]

Tab. 4.8. Hodnoty ukazatelů pro profil Morava – Bohutín

**Tok**      **Profil**      **Říční kilometr**  
**Morava**   **Bohutín**      **310,00**

ID	ukazatel	jednotka	Rozbor č. četnost	Hodnota											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Reakce vody	pH	12	7,6	7,6	7,5	7,5	7,4	7,7	7,8	7,7	7,7	7,5	7,5	7,5
3.	Nerozp. l. NLS	mg/l	12	<2,0	7,6	7,2	2,0	43	6,4	3,2	6,2	63	11	5,6	4,6
4.	Teplota vody	°C	12	-0,1	0,3	5,2	5,8	8,1	14,1	16,0	17,7	17,1	8,3	6,0	2,9
6.	Pach	stupeň	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	Dusičnany	mg/l	12	7,5	6,8	7,2	5,6	5	4,6	5,1	5,2	5,8	4,7	5,3	5,8
9.	AOX	µg/l	12	<5	21	10	7,6	11	8,7	11	14	24	9,4	8,2	12
10.	Železo celk.	mg/l	12	0,084	0,145	0,208	0,126	1,18	0,235	0,143	0,141	1,41	0,266	0,188	0,128
11.	Mangan	mg/l	12	0,026	0,030	0,019	0,012	0,059	0,023	0,025	0,026	0,082	0,024	0,020	0,018
12.	Měď	µg/l	12	1,42	1,02	1,50	1,00	2,57	1,48	1,28	1,05	3,04	1,32	0,889	0,618
13.	Zinek	µg/l	12	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	8,67	<5,00	<5,00	<5,00	18,7	5,04	<5,00	<5,00
17.	Arsen	µg/l	12	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,12	<1,00	<1,00	<1,00	1,64	<1,00	<1,00	<1,00
19.	Chrom veškerý	µg/l	11	0,544	<0,500	<0,500	<0,500	1,32	0,586	<0,500	<0,500	-	<0,500	<0,500	<0,500
20.	Olovo	µg/l	11	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	1,92	<0,500	<0,500	<0,500	-	0,596	<0,500	<0,500
24.	Sířany	mg/l	12	24	27	20	21	16	25	27	29	18	18	18	25
25.	Chloridy	mg/l	12	7,2	12	6,7	5,6	3,6	5,6	9,1	9,6	6,5	5,5	3,9	6,5
32.	Amonné ionty	mg/l	12	0,061	0,048	0,058	<0,026	<0,050	<0,026	0,038	<0,026	0,14	<0,026	<0,026	0,033
33.	TOC	mg/l	12	2,02	1,87	2,65	2,31	3,30	2,42	2,28	3,15	4,51	3,30	2,23	3,30

Tab. 4.9. Výpočet průměrné hodnoty indexu upravitelnosti pro profil Morava – Bohutín

Tok	Profil	Říční kilometr	310,00	Morava	Bohutín	Rozbor číslo:												výsledná kat.	% Podíl				index upavit.				
						ID		četnost		Kategorie												A1		A2	A3	A4	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
1.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
3.	12	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	75,0	25,0	0,0	0,0	1,25								
4.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
6.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
7.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
9.	12	1	3	1	1	2	2	2	3	1	1	2	3	3	41,7	41,7	16,7	0,0	1,75								
10.	12	1	1	2	1	3	2	1	1	2	1	1	3	3	66,7	25,0	8,3	0,0	1,42								
11.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	91,7	8,3	0,0	0,0	1,08								
12.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
13.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
17.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
19.	11	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	100,0	0,0	0,0	0,0	1,00								
20.	11	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	100,0	0,0	0,0	0,0	1,00								
24.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
25.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
32.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
33.	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	0,0	0,0	0,0	1,00								
Průměrný index upravitelnosti =																	1,09										



### 4.2.2 Zhodnocení výpočtu

Všechny vybrané toky spadají na základě získaných dat do kategorie A1. To znamená, že nevyžadují přílišnou úpravu vody pro následující využití vody jako pitné. Voda je tedy vhodná pro odběry surové vody. Jelikož se pH všech vod pohybuje od 7,0 do 7,8 je zřejmé, že by voda nevyžadovala chemické ani mechanické odkyselení, voda je pouze lehce alkalická. Z hodnot je patrný nulový pach, tím pádem by nebylo třeba ani použití provzdušňovacích zařízení. Pro úpravu by stačila Jednostupňová úprava například pomalá biologická filtrace nebo filtrace s nadávkováním koagulantu, to by bylo určeno s ohledem na specifické hodnoty ukazatelů znečištění. Po sedimentaci usaditelných látek, je nutné před odtokem do distribučních zařízení, vždy použít desinfekci (nejčastěji je používán plynný chlor).

## 5 ZÁVĚR

V úvodu práce bylo popsáno jak je voda důležitá pro život na Zemi. Je nezastupitelnou složkou a je potřeba ji ochraňovat a čistit pro potřeby nás všech. Jelikož je kvalita vody pod antropogenním tlakem nastává její zhoršování. Bylo řečeno jaké existují typy vodních toků a také přírodních a umělých nádrží. Práce zahrnuje i druhy znečištění ohrožující naše povrchové vody. Znečištění bylo na počátku 90 let velkým problémem z důvodu zaostávající výstavby čistíren odpadních vod, to se ale zlepšovalo postupnou výstavbou. Ideální také není pro nádrže teplotní zvrstvení - vertikální zonace (stratifikace)

Popsala jsem přírodní vodní toky a nádrže, především z hlediska jejich vývoje kvality vody v průběhu cca 20-ti let. Jsou popsány některé konkrétní toky z povodí Moravy a jejich vývoj kvality v čase. To samé se týká také vodních nádrží, jsou zde uvedeny příklady znečištění nádrží a také jejich následná opatření (která již proběhla nebo stále probíhají).

Na závěr se práce zabývá především upravitelností povrchových vod a dokumenty jí se zabývající. Je zde uveden vzorový výpočet indexu upravitelnosti. Z výpočtu bylo zjištěno, že zkoumané toky jsou vhodné pro úpravu surové vody na pitnou v kategorii A1, což vypovídá o skutečnosti, že by na úpravu stačila pouze jednostuňová úprava vody.

## LITERATURA

- [1] JANDORA, J. – ŠULC, J. *Hydraulika: modul 01*. Akademické nakladatelství CERM, 2007. Studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Brno. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [2] HLAVÍNEK, P. – ŘÍHA, J. *Jakost vody v povodí*. Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty vysokých škol, Brno. ISBN 80-214-2815-5.
- [3] SYNÁČKOVÁ, M. *Čistota vod*. České vysoké učení technické Praha, 1994. Dot. 1. vyd. ISBN 80-01-01083-X.
- [4] BRATRYCH, V. *Živel voda: člověk, příroda, technika, životní prostředí*. V Praze: Koniklec, c2005. Živly. Dostupné z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:c3b3f3a0-5b71-11e4-bc71-005056827e52>. ISBN 80-902606-6-7.
- [5] PITTER, P. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
- [6] BENEŠ, J. *Exogenní procesy Činnost tekoucí vody* [online]. In: [slideplayer.cz](http://slideplayer.cz). [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2349594/>.
- [7] BURLE, V. *Malá Vltava aneb Vltavský potok*. [online]. In: [burle.blog.cz](http://burle.blog.cz). [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://burle.blog.cz/0908/mala-vltava-aneb-vltavsky-potok>.
- [8] NEUVEDEN, A. [online]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Labe#/media/File:Labe\\_udoli.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Labe#/media/File:Labe_udoli.jpg).
- [9] NEUVEDEN, A. *Řeka v proudu času* [online]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10244244908-reka-v-proudu-casu/>.
- [10] NĚMEC, J. – HLADNÝ, J. – BLAŽEK, V. *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult. 2006. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:a58c99b0-5b6f-11e4-8b11-005056827e51>. ISBN 80-903482-1-1.
- [11] VOLAUFOVÁ, L. Kvalita povrchových vod v České republice. *CENIA, česká informační agentura životního prostředí* [online]. [cit. 2018-4-21]. Dostupné z: [http://cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFT33PSN](http://cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFT33PSN).
- [12] RÓDLOVÁ, S. Kvalita povrchových vod, Biologické ukazatele znečištění. [online] [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/prezentace/WQ\\_06\\_biologicke\\_ukazatele\\_znecistení.pdf](https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/prezentace/WQ_06_biologicke_ukazatele_znecistení.pdf).
- [13] *Kvalita vod - Klasifikace kvality povrchových vod*. Praha, 2017. ČSN 75 7221.

- [14] KARBEROVÁ, M. Vodohospodářská bilance jakosti povrchových vod. *EKO-DISK* [online]. [cit. 2018-04-16], VTEI, 1999. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/aa943fb38bfdd406c12568e70070205e/c67931ff639caeaac1256c370072cbcc>.
- [15] *Zákony pro lidi* [online]. 2010. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz>.
- [16] ČERNÁ, H. Mapa jakosti vody. In: Hydroekologický informační systém VÚV TGM. [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz>.
- [17] ŘÍHA, J. *Jakost vody v povrchových vodních tocích a její matematické modelování*. NOEL 2000, c2002, Praha. ISBN 80-86020-31-2.
- [18] PROCHÁZKOVÁ, L. – SPOL. *Souhrnná zpráva o vývoji jakosti povrchových vod v povodí Moravy ve dvouletí 2015–2016* [online]. 07 2017. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/download/souhrnna-zprava-2015-16.pdf>.
- [19] GRAY, N. F. *Drinking Water Quality. Problems and Solutions*. Cambridge University Press, 2008. 520 p. 2nd Edition. ISBN 978-0-521-70253-9.
- [20] MAŠTEROVÁ, A. Ohrožení obojživelníků. [online], 2014-05-12. Dostupné z: <http://www.obojzivelnici.wbs.cz/Ohrozeni-obojzivelniku.html>.
- [21] *VD Brno* [online]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodni-dila/brno/>.
- [22] *Brněnská přehrada - Historie* [online]. Dostupné z: [https://www.brnenskaprehrada.cz/p\\_hist.html](https://www.brnenskaprehrada.cz/p_hist.html).
- [23] KUNZE, D. *Eutrofizace povrchových vod*. Brno, 2017 [cit. 2018-05-03]. 81 s. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická Fakulta, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství. Vedoucí práce doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D. Dostupné také z: [https://theses.cz/id/vqsegy/zaverecna\\_prace.pdf](https://theses.cz/id/vqsegy/zaverecna_prace.pdf).
- [24] BRNO. Aerační věže zůstanou tři metry pod hladinou brněnské přehrady. online, 01 2011. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/jihomoravsky-kraj/1288662-aeracni-veze-zustanou-tri-metry-pod-hladinou-brnenske>.
- [25] GARDAVSKÁ, Z. Brněnská údolní nádrž - aerace. online. Dostupné z: <http://www.vodohospodarske-stavby.cz/clanek/brnenska-udolni-nadrz-aerace/>.
- [26] KUKOL, J. *Eutrofizace vodních nádrží*. Brno, 2013 [cit. 2018-05-03]. 50 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav

- vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D. Dostupné také z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=75437](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=75437).
- [27] *Konference vodní nádrže 2012* [online]. Dostupné z: [vodninadrze.pmo.cz/download/pmo-sbornik-konference-fin-na-web.pdf](http://vodninadrze.pmo.cz/download/pmo-sbornik-konference-fin-na-web.pdf).
- [28] *Kolem přehrady Slezská Harta k jesenickým sopkám* [online]. Dostupné z: <https://www.turistika.cz/vylety/kolem-prehrady-slezska-harta-k-jesenickym-sopkam/foto?id=1000015>.
- [29] *Eutrofizace vodní nádrže Orlik: Jak ji co nejlevněji vyřešit?* [online]. Dostupné z: <http://www.ieep.cz/wp-content/uploads/2017/09/Eutrofizace-vodni-nadrze-Orlik-Jak-ji-co-nejlevneji-vyresit-T1-textendash-shrnuti-vysledku-projektu-pdf-T1-textendash-cesky-1.pdf>.
- [30] *Vltavská vodní cesta* [online]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta/vodni-dilo-orlik>.
- [31] KORTAN, D. Jsou rybníky zdroje či naopak příjemci znečištění? [online], 2016-03-01. Dostupné z: <http://www.casopis.forumochranyprirody.cz/magazin/analyzy-komentare/jsou-rybniky-zdroje-ci-naopak-prijemci-znecisteni>.
- [32] *Vyhláška č. 120/2011 Sb. - kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů*. Praha, 2011.
- [33] *Významné řeky* [online]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vyznamne-vodni-toky/>.
- [34] *Desná (přítok Moravy)* [online]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Desná\\_\(přítok\\_Moravy\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Desná_(přítok_Moravy)).
- [35] *Mapy.cz* [online]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).

# SEZNAM TABULEK

2.1	Hodnoty Henryho konstanty [2] . . . . .	12
3.1	Mezní hodnoty kvality vody [13] . . . . .	14
3.2	Příklady použití vod dle jednotlivých tříd kvality vody. [13] . . . . .	19
3.3	Hodnocení toků dle NV. 401/2015 Sb. . . . .	25
4.1	Ukazatele jakosti surové povrchové vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu 1. část [32] . . . . .	42
4.2	Ukazatele jakosti surové povrchové vody 2. část [32] . . . . .	43
4.3	Typy úprav pro jednotlivé kategorie surové vody [32] . . . . .	44
4.4	Hodnoty ukazatelů pro profil Desná – Sudkov . . . . .	47
4.5	Výpočet průměrné hodnoty indexu upravitelnosti pro profil Desná – Sudkov . . . . .	48
4.6	Hodnoty ukazatelů pro profil Desná – pod Hučivou Desnou . . . . .	49
4.7	Výpočet průměrné hodnoty indexu upravitelnosti pro profil Desná – pod Hučivou Desnou . . . . .	50
4.8	Hodnoty ukazatelů pro profil Morava – Bohutín . . . . .	52
4.9	Výpočet průměrné hodnoty indexu upravitelnosti pro profil Morava – Bohutín . . . . .	53

# SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Fáze toku řeky [6] . . . . .	4
2.2	Příklad horního toku . . . . .	4
2.3	Příklad středního toku . . . . .	5
2.4	Příklad dolního toku . . . . .	5
2.5	Změny teplotního zvrstvení v průběhu roku (překreslila Jana Bedá- ňová) [4] . . . . .	7
3.1	Vývoj vypouštěného znečištění vyjádřený jako index k roku 2000 v letech 2000–2007 [11] . . . . .	22
3.2	Vývoj podílu profilů v jednotlivých třídách jakosti vod skupiny A "Obecné, fyzikální a chemické ukazatele", 2000–2007 [11] . . . . .	22
3.3	Mapa jakosti vody v tocích v letech 1991–1992 [16] . . . . .	23
3.4	Mapa jakosti vody v tocích v letech 2006–2007 [16] . . . . .	23
3.5	Mapa jakosti vody v tocích v letech 2015–2016 [16] . . . . .	24
3.6	Graficky zpracovaný podélný profil řeky Moravy v základních ukaza- telích od roku 1994 do 2016 [18] . . . . .	28
3.7	Příklad teplotního profilu nádrže [2] . . . . .	30
3.8	Přemnožení planktonních řas nebo sinic tzv. vodní květ [20] . . . . .	33
3.9	Eutrofizovaná voda v Brněnské přehradě [26] . . . . .	35
3.10	Rozmístění aeračních věží na přehradě . . . . .	35
3.11	Schéma aerační věže s čerpadlem . . . . .	36
3.12	Konstrukce aerační věže . . . . .	37
3.13	Umístění kyslíkové věže ve vodní nádrži "Feeder tubing" přivádí vzduch do vzdušníku kyslíkové věže, který je umístěný na hladině . . . . .	37
3.14	Vodní nádrž Slezská Harta [28] . . . . .	38
3.15	Eutrofizovaná vodní nádrž Orlík [31] . . . . .	39
4.1	Měrný profil Desná – Sudkov . . . . .	46
4.2	Měrný profil Desná – pod Hučivou Desnou . . . . .	46
4.3	Měrný profil Morava – Bohutín . . . . .	51

# SEZNAM VELIČIN A ZKRATEK

$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	miligram na litr
$\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$	milisiemens na metr - jednotka elektrické vodivosti
N	dusík
P	fosfor
K	draslík
$\text{O}_2$	molekulární kyslík
$\text{CO}_2$	molekulární oxid uhličitý
$\text{CHSK}_{Cr}$	chemická spotřeba kyslíku dichromanem
$\text{CHSK}_{Mn}$	chemická spotřeba kyslíku manganistanem
$\text{BSK}_5$	biologická spotřeba kyslíku pětidení
$C_{90}$	charakteristická hodnota z hodnoceného souboru s předem zvolenou pravděpodobností nepřekročení
DP Moravy	dílčí povodí Moravy a přítoků Váhu
DP Dyje	dílčí povodí Dyje
PPCP	Pharmaceutics and Personal Care Products – Farmaceutické výrobky a výrobky osobní péče
N- $\text{NO}_3$	dusičnanový dusík
N- $\text{NH}_4$	amonné ionty
NEK	Norma environmentální kvality daná NV. 401/2015
NEK-RP	Norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota
VN	Vodní nádrž



## SUMMARY

The thesis deals with the quality of surface water in the Czech Republic and the development of its quality in the streams and reservoirs. The mass occurrence of water on Earth and its irreplaceability for all man's life and activity has been the cause of the gradual development of a number of scientific disciplines dealing with the occurrence of water, its circulation, mechanical properties, aquatic biology, and chemistry.

Issues related to wastewater discharge to the recipient (often without cleaning) and seepage from agricultural land. Deterioration of the purity of water on Earth is part of the anthropogenic pressure on the environment. Therefore, this problem of water purity has become an international problem. Water, especially its purity, does not respect state borders and its solution requires to manage not only water management aspects but also ecological, technical - economic and above all socio - economic aspects.

In conclusion, the thesis deals mainly with the surface water editing and the documents it deals with. A sample calculation of the indexability index is given here. The calculations found that the flows under investigation are suitable for the treatment of raw drinking water in the A1 category, which suggests that only one-point water treatment would be sufficient for the treatment.